



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ciencias Biológicas

Unidad de Posgrado

**Evaluación morfológica y del estado de conservación
de seis especies del género *Cinchona* L. (Rubiaceae) en
los Andes del norte y centro de Perú**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Biodiversidad y
Gestión de Ecosistemas

AUTOR

Lizeth Karem HUAMÁN TURPO

ASESOR

Dra. Joaquina Adelaida ALBÁN CASTILLO

Lima, Perú

2020



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Huamán, L. (2020). *Evaluación morfológica y del estado de conservación de seis especies del género Cinchona L. (Rubiaceae) en los Andes del norte y centro de Perú*. Tipo de investigación para optar el grado de Magíster en Biodiversidad y Gestión de Ecosistemas. Unidad de Posgrado, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Hoja de Metadatos complementarios

Código ORCID del autor	“—”
DNI o pasaporte del autor	47073030
Código ORCID del asesor	0000-0003-4
DNI o pasaporte del asesor	08555549
Grupo de investigación	“—”
Agencia financiadora	<p>Perú CONCYTEC Cienciactiva</p> <p>Vicerrectorado de Investigación (VI) – UNMMSM Proyectos Multidisciplinarios de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) 2014 y 2018.</p>
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	<p>Piura, Cajamarca, Amazonas y Junín</p> <p>Coordenadas geográficas (obligatorio). Piura: -4.6156, -79.7093 Cajamarca: -5.0000, -78.9167 Amazonas: -5.7233, -77.7816 Junín: -11.2372, -75.5175</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2014 - 2018
Disciplinas OCDE	<p>CIENCIAS BIOLÓGICAS</p> <p>Biología celular, Microbiología http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.01 Bioquímica, Biología molecular http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.03 Genética, Herencia http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.07</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

VICEDECANATO DE INVESTIGACION Y POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO

Exped. N° 194v-UPG-FCB-2020

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN BIODIVERSIDAD Y GESTIÓN DE ECOSISTEMAS
(SUSTENTACIÓN VIRTUAL)**

Siendo las 10:00 horas del día 01 de setiembre de 2020, en Evento Virtual mediante la herramienta MEET de Google, con enlace meet.google.com/jkv-awqt-rpg, el Jurado de Tesis conformado por:

Dr. Niels Marciano Valencia Chacón	(Presidente)
Mg. Asunción Alipio Cano Echevarría	(Miembro)
Mg. Marinoli Rivas Chamorro	(Miembro)
Dra. Joaquina Adelaida Albán Castillo	(Asesora)

Se reunió para la sustentación oral y pública de la Tesis para optar al Grado Académico de Magíster en Biodiversidad y Gestión de Ecosistemas, que solicitara la señorita Bachiller Doña **LIZETH KAREM HUAMÁN TURPO**.

Después de darse lectura al **Expediente N° 194v-UPG-FCB-20**, en el que consta haberse cumplido con todas las disposiciones reglamentarias, los señores miembros del Jurado presenciaron la exposición de la Tesis Titulada:

“EVALUACIÓN MORFOLÓGICA Y DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE SEIS ESPECIES DEL GÉNERO CINCHONA L. (RUBIACEAE) EN LOS ANDES DEL NORTE Y CENTRO DE PERÚ”, y formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por la graduando.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

VICEDECANATO DE INVESTIGACION Y POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO



ido el Jurado procedió a la votación la que dio como resultado el calificativo de: Muy bueno con la nota de 18 (dieciocho).

A continuación, el Presidente del Jurado de Tesis recomienda que la Facultad proponga que la Universidad le otorgue el grado académico de Magíster en Biodiversidad y Gestión de Ecosistemas, a la Señorita Bachiller **LIZETH KAREM HUAMÁN TURPO**.

Siendo las 11:48 se levantó la Sesión, recibiendo la graduando las felicitaciones de los señores miembros del Jurado y público asistente.

Se extiende la presente Acta en Lima, el día martes 01 del mes de setiembre del año 2020.

DNI: 08555549

.....
Dr. Niels M. Valencia Chacón

Profesor Principal a D.E.

PRESIDENTE

nvalenciac@unmsm.edu.pe

RENACYT P0003123

.....
Dra. Joaquina A. Albán Castillo

Profesora Principal D.E.

ASESORA

jalbanc@unmsm.edu.pe

RENACYT P002366

.....
Mg. Asunción A. Cano Echevarría

Profesor Principal a D.E.

T.C.

MIEMBRO

acanoe@unmsm.edu.pe

RENACYT P002953

.....
Mg. Marinoli Rivas Chamorro

Profesora Auxiliar a

MIEMBRO

mrivasc@unmsm.edu.pe

RENACYT P0032027

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres, Inés Turpo y Julio Huamán, por su apoyo durante el desarrollo de la tesis. A mi madre por contagiar esas fuerzas de valentía y emprendimiento que siempre irradia. A mi padre por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles. A mi hermana, Rocio del Pilar, por su amor y comprensión en todo momento.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por brindar una enseñanza de calidad y prestigio durante todos estos años.

A mi asesora por permitirme participar en proyectos multidisciplinarios y brindarme la oportunidad de estar en el laboratorio de Etobotánica y Botánica Económica. Asimismo, le agradezco por ser mi guía constante para la culminación de este trabajo.

A los miembros de jurado por las sugerencias y recomendaciones brindadas al presente documento para poder mostrarles un trabajo organizado en forma y fondo.

A los amigos por su compañía durante el desarrollo de la tesis, sus buenas acciones y logros alcanzados han sido un gran incentivo de superación propia.

Gracias al personal de los herbarios nacionales por permitirme revisar muestras botánicas. Al laboratorio de Dendrología de la Universidad Nacional Agraria La Molina por prestarme material de consulta y permitirme revisar muestras herborizadas.

Gracias al Instituto Regional de Desarrollo - IRD-Selva de la UNALM y la Asociación para la Promoción del Desarrollo Sostenible (APRODES) por permitirme ejecutar los trabajos de campo.

Esta investigación no hubiese sido posible sin el apoyo económico realizado por Cienciactiva, CONCYTEC dentro del marco del proyecto *“Dinámica de bosques de Selva Central”*, con código 027 y aprobada el 2017. Asimismo, se recibió el apoyo económico del Vicerrectorado de Investigación (VI) dentro del marco Proyectos Multidisciplinarios de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) 2014 y 2018.

A mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. A mi hermana por decirme cada día que los retos se pueden lograr si se hace un paso a la vez.

TABLA DE CONTENIDO

I. RESUMEN	i
II. ABSTRACT	ii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Historia e Importancia del género <i>Cinchona</i> L.	3
2.2. Delimitación taxonómica del género <i>Cinchona</i> L.	3
2.3. Distribución geográfica del género <i>Cinchona</i> L.....	6
2.4. Estado actual y perspectivas de conservación de <i>Cinchona</i> L.....	9
3. HIPÓTESIS.....	11
4. OBJETIVOS	11
4.1. Objetivo General	11
4.2. Objetivos Específicos	11
5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	12
5.1. Ubicación	12
5.2. Clima.....	12
5.3. Suelos.....	16
5.4. Ecorregiones.....	16
6. MATERIALES Y MÉTODOS	19
6.1. Evaluación de caracteres morfológicos de las seis especies de <i>Cinchona</i>.....	19
6.1.1. Muestreo botánico	19
6.1.2. Identificación taxonómica	21
6.1.3. Caracterización morfológica	21
6.2. Evaluación del estado de conservación de las seis especies de <i>Cinchona</i>	23
6.2.1. Distribución geográfica de seis especies de <i>Cinchona</i>	25
6.2.2. Confinamiento de las seis especies de <i>Cinchona</i>	25
6.2.3. Tamaño poblacional de seis especies de <i>Cinchona</i>	27
6.2.4. Identificación de amenazas de las poblaciones de seis especies de <i>Cinchona</i>	28
6.2.5. Protección de las seis especies de <i>Cinchona</i>	29
6.3. Identificación de áreas potenciales para reforestación de las seis especies de <i>Cinchona</i>	29
7. RESULTADOS	31
7.1. Descripción de caracteres morfológicos de seis especies de <i>Cinchona</i>.....	31
7.2. Evaluación del estado de conservación de las seis especies de <i>Cinchona</i>	42
7.2.1. Distribución geográfica de las seis especies de <i>Cinchona</i>	42
7.2.2. Confinamiento de las seis especies de <i>Cinchona</i>	47
7.2.3. Tamaño poblacional de las cinco especies de <i>Cinchona</i>	50

7.2.4.	Amenazas cercanas a las poblaciones de seis especies de <i>Cinchona</i>	57
7.2.5.	Protección de seis especies de <i>Cinchona</i>	60
7.3.	Áreas potenciales para reforestación de las seis especies de <i>Cinchona</i>	70
8.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	78
8.1.	Evaluación morfológica de las seis especies de <i>Cinchona</i>	78
8.2.	Estado actual de conservación de las seis especies de <i>Cinchona</i>	81
8.2.1.	Distribución geográfica de las seis especies de <i>Cinchona</i>	81
8.2.2.	Confinamiento de las seis especies de <i>Cinchona</i>	84
8.2.3.	Tamaño poblacional de las seis especies de <i>Cinchona</i>	85
8.2.4.	Amenazas de las seis especies de <i>Cinchona</i>	86
8.2.5.	Protección de las seis especies de <i>Cinchona</i>	87
8.3.	Ventajas y Desventajas de la metodología adaptada para evaluación del estado actual de especies	90
8.4.	Áreas potenciales de reforestación	91
9.	CONCLUSIONES	93
10.	RECOMENDACIONES	94
11.	BIBLIOGRAFÍA	95
12.	ANEXOS	102

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista comparativa de nombres aceptados del género <i>Cinchona</i> en el Perú. Nombres aceptados en todos los tratamientos, o correspondencia de la misma especie. Dudosos debido a que no se obtuvo la colecta para la verificación. No registrado porque no fueron tratados en la revisión	5
Tabla 2. Especies endémicas y actualizaciones del rango de distribución del género <i>Cinchona</i> en el Perú.....	8
Tabla 3. Distribución de las cuatro ecorregiones identificadas en las localidades evaluadas	17
Tabla 4. Caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos considerados para la diferenciación taxonómica de seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del norte y centro del Perú	22
Tabla 5. Criterios y valores del SUMIN para la evaluación del estado de conservación de <i>Cinchona capuli</i> , <i>C. lancifolia</i> , <i>C. mutissi</i> , <i>C. nitida</i> , <i>C. officinalis</i> y <i>C. scrobiculata</i> distribuidas en los Andes del norte y centro del Perú	24
Tabla 6. Clasificación del estado de conservación basado en los valores del SUMIN	24
Tabla 7. Valores de área de ocupación para determinación del estado de conservación.....	27
Tabla 8. Comparación de caracteres morfológicos estudiados para seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del centro y norte de Perú	36
Tabla 9. Comparación de caracteres morfológicos cuantitativos para seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del centro y norte de Perú	40
Tabla 10. Distribución a escala mundial y nacional de seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del centro y norte de Perú.....	42
Tabla 11. Número de registros de seis especies de <i>Cinchona</i>	44
Tabla 12. Datos de colecta de la especie endémica <i>Cinchona nitida</i> en los Andes del centro Perú	45
Tabla 13. Valores del criterio de distribución geográfica de seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del norte y centro de Perú	46
Tabla 14. Área de ocupación y extensión de ocurrencia a escala mundial y nacional de seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del centro y norte de Perú	48

Tabla 15. Valores del criterio de distribución geográfica de seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del norte y centro de Perú.....	49
Tabla 16. Número de individuos por estadio de desarrollo y por transecto de seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del norte y centro del Perú	52
Tabla 17. Valores del criterio de tamaño poblacional de cinco especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del centro y norte de Perú	54
Tabla 18. Valores del criterio de amenazas antrópicas que afectan a las poblaciones de seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del centro y norte de Perú.....	60
Tabla 19. Valores del criterio de protección de las poblaciones de seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del centro y norte de Perú.....	60
Tabla 20. Categorías de conservación de seis especies de <i>Cinchona</i> obtenidas a partir de los valores de cada criterio.....	61
Tabla 21. Comparación de los caracteres morfológicos cuantitativos obtenidos en el presente estudio y en el de Andersson (1998)	80
Tabla 22. Distribución de seis especies de <i>Cinchona</i> y las actualizaciones del rango de distribución en el Perú	82
Tabla 23. Categorías de conservación de seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del centro y norte del Perú	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Número de especies del género <i>Cinchona</i> por departamento según Albán (2013)	7
Figura 2. Número de especies por ecorregión ecológica	7
Figura 3. Ubicación del Área de Estudio	15
Figura 4. Ecorregiones identificadas en la localidades evaluadas	18
Figura 5. <i>Cinchona nitida</i> : A) Estípula, B) coléteres en la base de la estipula	20
Figura 6. A) Instalación de transecto en la localidad de Malalma, Junín, B) Transecto instalado en la localidad de Molinos de Sangulí, Piura	27
Figura 7. A) Inflorescencia laxa de <i>Cinchona capuli</i> , B) Inflorescencia aglomerada de <i>C. lancifolia</i> , C) Inflorescencia laxa de <i>C. nitida</i> , D) Inflorescencia aglomerada de <i>C. scrobiculata</i> y E) Inflorescencia aglomerada de <i>C. officinalis</i>	37
Figura 8. Estipulas y disposición de filarias de las seis especies: A) <i>Cinchona capuli</i> ; B) <i>C. lancifolia</i> ; C) <i>C. mutisii</i> ; D) <i>C. nitida</i> ; E) <i>C. officinalis</i> y F) <i>C. scrobiculata</i>	38
Figura 9. Semillas maduras de las seis especies A) <i>Cinchona capuli</i> ; B) <i>C. lancifolia</i> ; C) <i>C. mutisii</i> ; D) <i>C. nitida</i> ; E) <i>C. officinalis</i> y F) <i>C. scrobiculata</i>	41
Figura 10. Rango altitudinal por especie indicando los cuartiles (altitudes mayores y menores) y la media (altitud promedio), (*): registros outliers o registros excepcionales.....	46
Figura 11. Proporción promedio de individuos por estadio de desarrollo de las seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del centro y norte de Perú	54
Figura 12. Flora asociada al hábitat de seis especies de <i>Cinchona</i> en los Andes del centro y norte de Perú.....	56
Figura 13. Poblaciones de <i>Cinchona</i> afectadas por la quema A) <i>Cinchona officinalis</i> en la localidad de Cruz chiquita, B) <i>Cinchona scrobiculata</i> en San José de Lourdes	59
Figura 14. Ubicación de las poblaciones de <i>Cinchona capuli</i> y amenazas latentes cercanas	64
Figura 15. Ubicación de las poblaciones de <i>Cinchona lancifolia</i> y amenazas latentes cercanas	65
Figura 16. Ubicación de las poblaciones de <i>Cinchona officinalis</i> y amenazas latentes cercanas ...	66
Figura 17. Ubicación de las poblaciones de <i>Cinchona nitida</i> y amenazas latentes cercanas	67

Figura 18. Ubicación de las poblaciones de <i>Cinchona mutisii</i> y amenazas latentes cercanas.....	68
Figura 19. Ubicación de las poblaciones de <i>Cinchona scrobiculata</i> y amenazas latentes cercanas	69
Figura 20. Áreas Potenciales para reforestación de <i>Cinchona capuli</i> en el sur de Perú	72
Figura 21. Áreas Potenciales para reforestación de <i>Cinchona lancifolia</i> en el sur de Perú.....	73
Figura 22. Áreas Potenciales para reforestación de <i>Cinchona officinalis</i> en el sur de Perú	74
Figura 23. Áreas Potenciales para reforestación de <i>Cinchona nitida</i> en el sur de Perú	75
Figura 24. Áreas Potenciales para reforestación de <i>Cinchona mutisii</i> en el sur de Perú.....	76
Figura 25. Áreas Potenciales para reforestación de <i>Cinchona scrobiculata</i> en el sur de Perú	77
Figura 26. Rango altitudinal para cada especie de <i>Cinchona</i> usando diagrama de cajas que indican los cuartiles (altitudes mayores y menores), la media (altitud promedio)	83

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Localidades registradas para la evaluación de poblaciones de las seis especies de <i>Cinchona</i> en los andes del centro y norte de Perú	103
Anexo 2. Transectos evaluados para las poblaciones de seis especies de <i>Cinchona</i> en los andes del norte y centro de Perú	104
Anexo 3. Comparación del tamaño de las hojas y semillas de las seis especies de <i>Cinchona</i> en los andes del norte y centro del Perú	107

I. RESUMEN

Las quinas o cascarillas (*Cinchona* L.: Rubiaceae) representan uno de los recursos vegetales emblemáticos de la flora peruana debido a su difundido uso como agente antimalárico y su riqueza de especies ocurrentes en los Andes peruanos. Dentro de éstas, se han reportado seis especies con distribución restringida, siendo éstas: *Cinchona capuli*, *C. officinalis*, *C. lancifolia*, *C. scrobiculata* y *C. mutisii* reportadas en un departamento de los Andes del norte; y *C. nitida*, en dos departamentos de los Andes del centro. Es común confundirlas por sus similitudes morfológicas; y pese a su importancia medicinal, sus hábitats se encuentran amenazados por el cambio de uso de suelo. El presente estudio tuvo como objetivos: (1) esclarecer los límites taxonómicos, (2) evaluar el estado de conservación, e (3) identificar áreas potenciales para reforestación en el norte y centro del Perú. Se analizaron 11 caracteres morfológicos cualitativos y seis caracteres cuantitativos para esclarecer la delimitación taxonómica entre las poblaciones de las seis especies de *Cinchona*. Se determinaron el área de ocupación, el tamaño poblacional, la exposición a amenazas y la presencia de unidades de conservación *in situ* para definir el estado de conservación de las seis especies de *Cinchona*. Se realizaron modelamientos en base de registros de las seis especies de *Cinchona* y variables biofísicas para identificar las áreas potenciales de reforestación. Los resultados indicaron que el tipo de domacio, el porte, el tamaño de la hoja, el tamaño del fruto, el tamaño y el margen de la semilla fueron los caracteres diagnósticos para diferenciar las seis especies de *Cinchona*. Se obtuvo que *Cinchona scrobiculata* es una especie de Prioridad Máxima (PM) o En Peligro Crítico (CR); *Cinchona nitida* y *Cinchona officinalis*, son especies de Prioridad (PR) o En Peligro (EN); *Cinchona capuli* y *Cinchona mutisii* son especies de Atención Especial (AE) o Vulnerables (VU); y *Cinchona lancifolia* es una especie No Prioritaria o en Preocupación Menor (LC). Observaciones de campo e imágenes satelitales evidenciaron que las amenazas que más afectan a las seis especies de *Cinchona* fueron la ampliación de la frontera agrícola, la quema de bosques y el crecimiento urbano. Se espera que esta información sirva de base para la toma de decisiones sobre la conservación de las especies en el Perú.

PALABRAS CLAVE: *Cinchona*, caracteres morfológicos, estado de conservación, reforestación, Perú.

II. ABSTRACT

The “quinas” or “cascarillas” (*Cinchona* L.: Rubiaceae) represent one of the emblematic plant resources of the Peruvian flora due to its use as an antimalarial agent and its wealth of species occur in our Andean territory. Six of them have distribution very restricted: *Cinchona capuli*, *C. officinalis*, *C. lancifolia*, *C. scrobiculata* and *C. mutisii* have been reported in a region of the northern Andes; and *C. nitida*, in two regions of central Andes. It is common to confuse them for its morphological similarities. Despite its medicinal importance, its habitats are been threatened for the change in land use. This study has as objectives: (1) clarify the taxonomic and geographic limits, (2) evaluate the state of conservation, and (3) identify reforestation areas for the conservation of these species in the north and center of Perú. Eleven and six morphological characters were analyzed to clarify their taxonomic delimitation between the populations of the six species of *Cinchona*. The occupation area, the size of population, threats and the presence of conservation areas were determined to define state of conservation for the six species of *Cinchona*. Modeling based on records of the species and biophysical variables were obtained to identify potential areas of reforestation. The results indicated that type of domatia, the size, the leaf's size, the fruit's size, the seed's size and the seed's margin were the diagnostic characters to differentiate the six species of *Cinchona*. *Cinchona scrobiculata* is in Maximum Priority (PM) or in Critical Danger (CR); *Cinchona nitida* and *Cinchona officinalis* are in Priority (PR) or in Danger (EN); *Cinchona capuli* and *C. mutisii* are in Special Attention (AE) or Vulnerable (VU); y *Cinchona lancifolia* is Non Priority or in Least Concern (LC). The field job and satellite images showed that the threats most affected the six species were the expansion of agricultural frontier, the burn and the urban growth. It is hoped that this information will serve as a basis for the decision making of species about conservation in Perú.

KEY WORDS: *Cinchona*, morphological characters, state of conservation, reforestation, Perú.

1. INTRODUCCIÓN

La familia Rubiaceae en el Perú alberga 110 géneros y 782 especies, siendo considerada una de las familias de mayor importancia económica en el país (Albán, 2013), incluyendo especies representativas como el café (*Coffea arabica* L.), uña de gato (*Uncaria guianensis* (Aubl.) J.F. Gmel.) y las quinas o cascarillas (*Cinchona* L.). Las quinas constituyen un recurso vegetal emblemático del Perú debido a su aporte mundial para el tratamiento efectivo de la malaria (Lambert *et al.*, 1821; Ruíz & Pavón, 1799; Steele, 1964).

Cinchona L., en su circunscripción actual comprende 23 especies en el mundo (Andersson, 1998), de los cuales 18 son reportadas para Perú (Albán, 2013). Dentro de la Tribu Cinchoneae, el género *Cinchona* representa un grupo monofilético perteneciente a la tribu Cinchoneae relacionado a los géneros *Ladenbergia* Klotzsch y *Remijia* DC. (Andersson, 1995; Andersson & Antonelli, 2005; Manns & Bremer, 2010). Su distribución está centrada en los Andes tropicales (Andersson, 1995), siendo las montañas y cordilleras peruanas consideradas centros de diversidad y endemismos de especies.

Andersson (1998) menciona que existen dos posibles centros de diversidad del género, una que corresponde entre el sur de Ecuador y el norte de Perú, y otra a las montañas de Huánuco en Perú. La zona norte de Perú equivale a la zona fitogeográfica Amotape y Huancabamba (Weigend, 2004) y se extiende de este-oeste a través de la cordillera de los Andes, abarcando los departamentos de Piura y Cajamarca (Quintana *et al.*, 2017; Weigend *et al.*, 2010); y las montañas de Huánuco se extienden de este-oeste de la cordillera centro-andina del Perú, abarcando los departamentos de Huánuco, Pasco y Junín.

En la actualidad, más de 100 000 hectáreas de bosques nublados de los Andes del noroeste han desaparecido entre el año 2001 y 2018 (3 290 ha en Piura, 18 675 ha en Cajamarca y 88 279 ha en Amazonas), como consecuencia de la construcción de carreteras, adjudicación de tierras, quema, agricultura, minería y ganadería; tal como se indica en los informes de Interpretación de Global Green Growth Institute (2015), la estrategia regional y plan de acción para la conservación de la diversidad biológica de la región de Piura (GORE 2012) y la plataforma virtual de monitoreo de los cambios sobre la cobertura de los bosques financiado por el Programa Nacional de Conservación

de Bosques para la mitigación del cambio climático. Por otro lado, más de 150 000 hectáreas de bosques nublados de los Andes centrales también han desaparecido entre el año 2001 y 2018 (151 241 ha de Junín), a causa de la ampliación de la frontera agrícola y ganadera según la plataforma virtual de monitoreo de los cambios sobre la cobertura de los bosques financiado por el PNCBMCC (Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático). Desafortunadamente, en estos ambientes del norte y centro de Perú habitan poblaciones de *Cinchona*.

A parte de la afectación concurrente a estos ambientes donde habitan las especies de *Cinchona* por actividades antrópicas, se ha evidenciado que existen pocos estudios que se enfocan en la delimitación taxonómica (Andersson, 1998; Albán 2013) y la evaluación del estado de conservación (Zevallos, 1898). Con relación a la delimitación taxonómica, Albán (2013) menciona que el género *Cinchona* muestra el mejor ejemplo de confusiones existentes en el grupo, debido a que existieron más de 300 nombres distintos colocados a este género. Con relación a la evaluación del estado de conservación de las quinas o cascarillas, se conoce que el 87% de especies de *Cinchona* poseen datos insuficientes para la evaluación del estado de conservación según la IUCN (2020). En Perú, la lista de especies amenazadas del Decreto Supremo N° 043-2006-AG evaluó a *Cinchona calisaya* Wedd. y la categorizó en estado Vulnerable (VU). En el libro rojo de plantas endémicas elaborado por León *et al.* (2006), se reportaron seis especies endémicas de *Cinchona* para Perú y en todos los casos se desconoce el estado actual de sus poblaciones y la categoría de conservación.

Es así, que el presente estudio tiene como objetivo evaluar la morfología y el estado de conservación de seis especies de *Cinchona* en los Andes del norte y centro de Perú a partir de la adaptación de la metodología propuesta por Reza *et al.* (1994) e inclusión de criterios de conservación descritos por Reynel (1986), Zevallos (1989) e Ibisch *et al.* (2001). Asimismo, se consideró la aplicación de criterios de la lista roja a nivel nacional y regional, versión 4 (IUCN, 2012b); a fin de que los resultados sirvan en la toma de decisiones inmediatas en cuanto a la protección y manejo sostenible del recurso de flora silvestre.

2. ANTECEDENTES

2.1. Historia e Importancia del género *Cinchona* L.

A inicios de 1638, el género *Cinchona* empezó a ser conocida por sus propiedades medicinales; pues en este tiempo la esposa del IV Conde de Cinchón, Francisca Enríquez de Rivera, contrajo la malaria o paludismo y fue curada con un remedio elaborado a base de la corteza de una especie del género (Hill, 1952; Prendergast & Dolley, 2001). Es así como *Cinchona* sp. llegó a ser conocida también en Europa, porque la condesa llevó este remedio a España en 1640 (Markham, 1878). Al principio, el nombre era “quiquina”, atribuida por La Condamine en 1738, luego fue latinizado en diferentes formas por Adanson en 1763 y Kuntze en 1891, y actualmente el término “Quina” es derivado del quechua quina-quina que significa corteza (Markham, 1878).

La importancia del género *Cinchona* se revela porque contiene alcaloides como la quinina y sus derivados que sirven para contrarrestar las fiebres (Kacprzak, 2013). Además, se encuentra simbolizado en el Escudo Nacional y cuyo significado equivale a la riqueza del recurso vegetal de Perú (Zevallos, 1989). En ese sentido, el género *Cinchona* ha sido objeto de diversos estudios relacionados a la taxonomía, anatomía, bioquímica, riqueza, ecología, distribución, fisiología y sistemática molecular, los cuales fueron realizados por Lambert *et al.* (1821), Zevallos (1989), Andersson (1995, 1998), Andersson & Antonelli (2005), Campos-Ruiz *et al.* (2014), Albán (2013), Conde *et al.* (2017).

2.2. Delimitación taxonómica del género *Cinchona* L.

El género *Cinchona* pertenece a la tribu Cinchoneae de la subfamilia Cinchonoideae, familia Rubiaceae, orden Gentianales. En su circunscripción actual comprende de 23 especies de *Cinchona* en el mundo (Andersson, 1998), de los cuales 18 son reportadas para Perú (Albán, 2013).

La primera descripción del género *Cinchona* se inició con la especie *Cinchona pubescens*, el cual fue realizada por La Condamine en el año 1738. Posteriormente, se describió la especie *Cinchona officinalis*, el cual fue descrita por Linneo en el año 1753. Después de treinta y siete años, J. de Jussieu colectó muestras botánicas de *Cinchona* en el Nudo de Cajanuma (Ecuador), lugar donde La Condamine realizó sus colectas para describir a *Cinchona pubescens*, corroborándose que se trataba de la misma especie y a su vez realizó su descripción. En el año 1794, Hipólito Ruiz y José Pavón

publicaron el “*Florae Peruviana et Chilensis Prodromus*”, el cual contiene descripciones de nuevas especies como *Cinchona scrobiculata*, *C. lancifolia*, *C. pubescens*, *C. purpurea*, *C. macrocalyx*, *C. humboldtiana*, *C. magnolia*, *C. macrocarpa*, *C. crassifolia*, *C. dichotoma*, *C. acutifolia*, *C. micrantha*, *C. glandulifera*, *C. caduciflora*, *C. rosea*, *C. pelalba*, *C. muzoensis* y *C. stenosphon*.

En el año 1821, Lambert realizó tratamientos taxonómicos para la descripción de las especies *Cinchona colorata*, *C. humboldtiana*, *C. mutisii*, *C. oblogifolia*, *Cinchona pavonii*. Standley (1930, 1931, a, b, c, 1932) en sus publicaciones de Rubiaceae de los Andes peruanos realizó nuevos tratamientos taxonómicos a base de una examinación de mayor número de ejemplares de las especies, entre las especies descritas se tiene a *Cinchona humboldtiana*, *C. micrantha*, *C. officinalis*, *C. pubescens* registradas en Ecuador; y además Standley mencionó que el número de especies de *Cinchona* no era satisfactorio, debido a que el material disponible fue insuficiente.

Zevallos (1989) realizó expediciones al norte del Perú, registrando la presencia de 13 especies. Posteriormente, Brako & Zaruchi (1993) sistematizaron la información disponible hasta ese entonces e indicaron el endemismo de la especie *Cinchona stenosphon*, descrita por Ruiz & Pavón, resultando hoy en día una sinonimia de *C. nitida* (Andersson, 1998; Albán, 2013). Cinco años después, Andersson (1998) propuso una revisión más completa de *Cinchona*, el cual describe 23 especies, siendo 13 reportadas para Perú (Tabla 1). Si bien, la revisión de Andersson (1998) aportó en la descripción de caracteres morfológicos para el género *Cinchona* a partir de la observación y descripción de varias exciccatas herborizadas ubicadas en herbarios nacionales e internacionales. Se considera que complementar esta revisión con nuevos caracteres morfológicos y mediciones de más ejemplares de *Cinchona* aportaría a una mejor delimitación taxonómica.

Finalmente, en un último trabajo de las rubiáceas peruanas (Albán, 2013) se adicionaron cinco especies de *Cinchona*, reportándose así un total de 18 especies presentes en el Perú (Tabla 1). Este resultado fue obtenido luego de evidenciar que el género *Cinchona* muestra el mejor ejemplo de confusiones existentes en el grupo, debido a que existieron más de 300 nombres distintos colocados a este género (Albán, 2013). Cabe precisar que, en este trabajo no se realizó la descripción de caracteres morfológicos del género *Cinchona*, sino que fue una revisión de confirmación de nombres y adiciones a la distribución del género en el Perú.

Tabla 1. Lista comparativa de nombres aceptados del género *Cinchona* en el Perú. Nombres aceptados en todos los tratamientos, o correspondencia de la misma especie. Dudosos debido a que no se obtuvo la colecta para la verificación. No registrado porque no fueron tratados en la revisión.

specie	Autor	Sinónimo	Standley (1936)	Zevallos (1989)	Brako y Zarucchi (1993)	Andersson (1998)	Albán (2013)
<i>Cinchona amazonica</i>	Standl.	-	Descrito como nuevo	Aceptado	Aceptado	Considerado basónimo de <i>Cinchonopsis amazonica</i> (Standl.) L.Andersson	Considerado basónimo de <i>Cinchonopsis amazonica</i> (Standl.) L.Andersson
<i>Cinchona calisaya</i>	Wedd.	<i>Cinchona carabayensis</i> Wedd	No registrado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
<i>Cinchona capuli</i>	L. Andersson	-	No registrado	No registrado	No registrado	No registrado	Aceptado
<i>Cinchona fruticosa</i>	L. Andersson	-	No registrado	No registrado	No registrado	Aceptado	Aceptado
<i>Cinchona glandulifera</i>	Ruiz & Pav.	-	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
<i>Cinchona govana</i>	Miq.	-	Dudoso	Dudoso	Dudoso	No registrado	No registrado
<i>Cinchona hirsuta</i>	Ruiz & Pav.	-	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
<i>Cinchona krauseana</i>	L. Andersson	<i>Ladenbergia coriacea</i>	No registrado	No registrado	No registrado	Aceptado	Aceptado
<i>Cinchona macrocalyx</i>	Pav. ex DC.	-	No registrado	No registrado	No registrado	Aceptado	Aceptado
<i>Cinchona micrantha</i>	Ruiz & Pav.	-	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
<i>Cinchona mutisii</i>	Lamb.	-	No registrado	No registrado	No registrado	No registrado	Nuevo reporte en Perú
<i>Cinchona nitida</i>	Ruiz & Pav.	<i>Cinchona stenosphon</i>	No registrado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
<i>Cinchona officinalis</i>	L.	<i>Cinchona legitima</i>	Dudoso	Dudoso	Dudoso	No registrado	Aceptado
<i>Cinchona parabólica</i>	Pavón.	<i>Cinchona delessertiana</i>	No registrado	Aceptado	No registrado	Aceptado	Aceptado
<i>Cinchona pitayensis</i>	(Wedd.) Wedd	-	No registrado	Aceptado	Aceptado	No registrado	Aceptado
<i>Cinchona pubescens</i>	Vahl.	<i>C. coronulata</i> , <i>C. govana</i> , <i>C. rufinervis</i> , <i>C. asperifolia</i>	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
<i>Cinchona pyriformis</i>	L. Andersson	-	No registrado	No registrado	No registrado	Aceptado	Aceptado
<i>Cinchona rugosa</i>	Pav.	-	No registrado	No registrado	No registrado	No registrado	Aceptado
<i>Cinchona scrobiculata</i>	Humb. & Bonpl.	<i>Cinchona umbellifera</i>	Dudoso	Dudoso	Dudoso	Aceptado	Aceptado
<i>Cinchona stenosphon</i>	K. Krause	-	No registrado	No registrado	Dudoso	No registrado	No registrado
<i>Cinchona villosa</i>	Pavón ex Lindley	<i>Cinchona humboldtiana</i> Lamb.	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
N° Especies			9	13	13	13	18

A pesar de la existencia de una revisión completa del género *Cinchona* L. realizada por Andersson (1998) y la actualización del número de especies en el Perú aportada por Albán (2013), se requiere complementar algunos detalles taxonómicos de las especies, ya que suelen ser confundidas debido a sus similitudes morfológicas. Por ejemplo, *Cinchona officinalis*, *C. capuli* y *C. lancifolia* presentan características morfológicas similares; y a veces los rangos morfológicos son parecidos; es por ello, que Alban (2015) menciona que el género *Cinchona* muestra el mejor ejemplo de confusiones existentes en el grupo, debido a que hay existieron más de 300 nombres distintos colocados a este género; y ello se debe a la similitud de sus estructuras morfológicas.

2.3. Distribución geográfica del género *Cinchona* L.

Cinchona L. se distribuye en los Andes tropicales (Andersson, 1995), siendo las montañas y cordilleras peruanas consideradas centros de diversidad y endemismos de especies. Andersson (1998) propuso dos centros de biodiversidad, el primer centro corresponde a la región fitogeográfica Amotape – Huancabamba (Weigend, 2004) en Perú y se extiende de este-oeste a través de la cordillera nor-andina de Perú, abarcando los departamentos de Piura y Cajamarca (Quintana *et al.*, 2017; Weigend *et al.*, 2010); y el segundo centro se extiende de este-oeste de la cordillera centro-andina del Perú, abarcando los departamentos de Huánuco, Pasco y Junín.

Actualmente, los departamentos que albergan mayor número de especies son Cajamarca y Pasco, cada uno con 11 especies (61,1%), seguido de Amazonas con ocho especies (44,4%), Huánuco y Cusco, cada uno con seis especies (33,3%). Los departamentos de Junín, Lambayeque, Madre de Dios, Piura, Puno y San Martín presentan entre uno a cinco especies, excepto Loreto y Ucayali donde no se registra ninguna especie como se menciona en los anteriores estudios (Albán, 2013) (Figura 1).

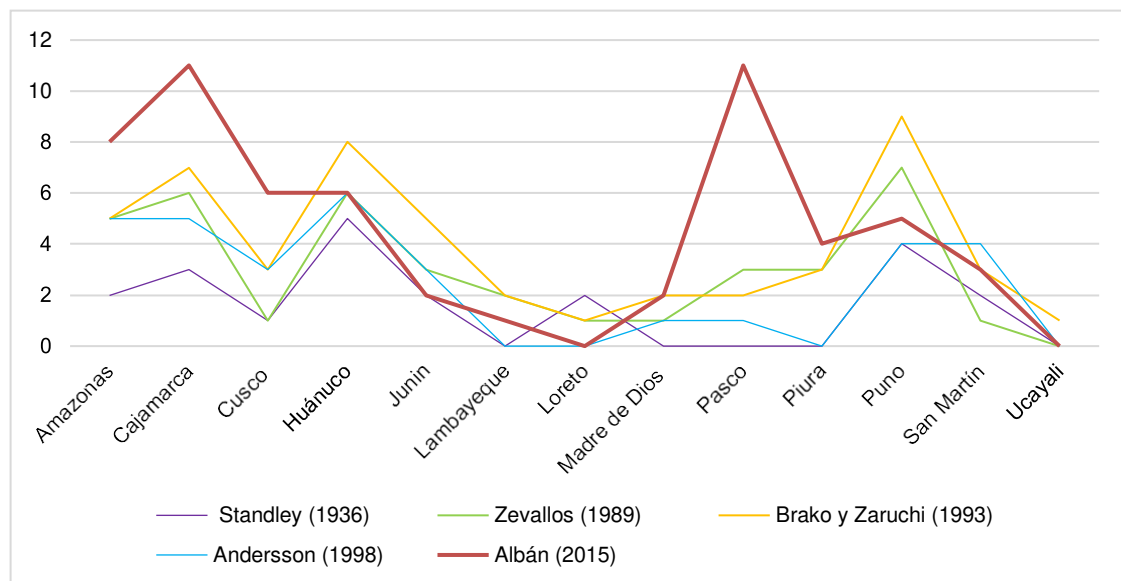


Figura 1. Número de especies del género *Cinchona* por departamento según Albán (2013)

En relación con la distribución por ecorregiones ecológicas según Zamora (1996), la mayor parte de las especies de *Cinchona* se encuentran en Bosques Muy Húmedos Montanos (17 especies, 94,4% del total). El resto de las ecorregiones tienen de tres a ocho especies (Albán, 2013) (Figura 2). Estas ecorregiones han sido afectadas por cambio de uso de suelo debido a las actividades antropogénicas (Dillon, 1993; Young & León, 1999; Gentry, 1995).

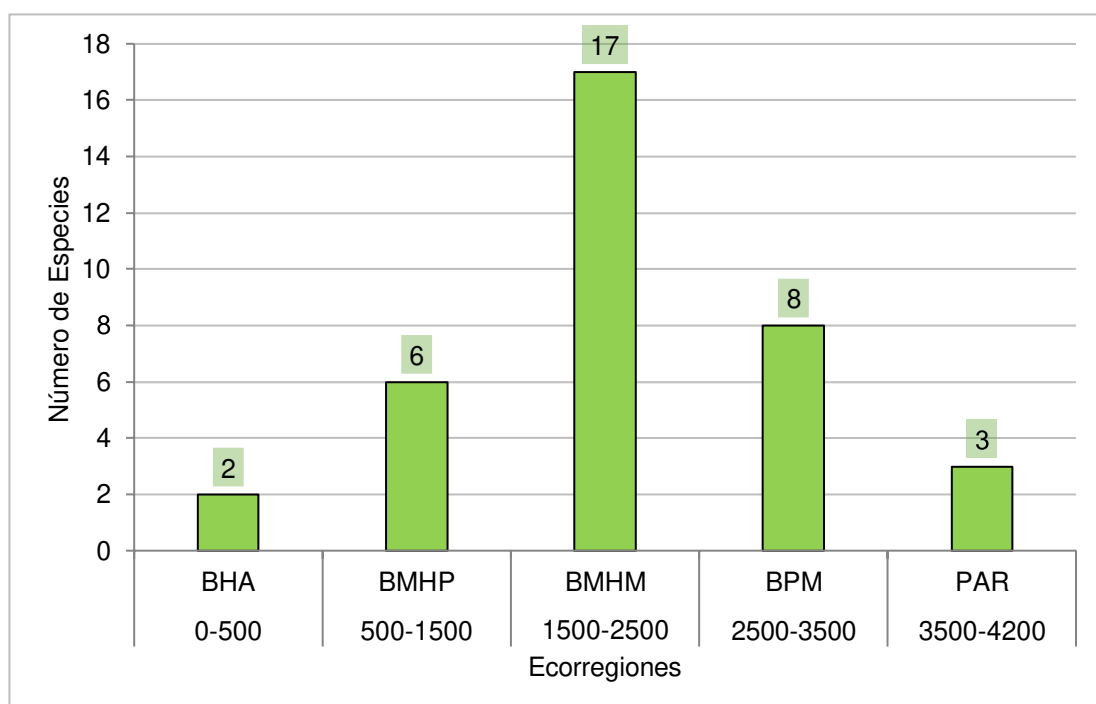


Figura 2. Número de especies por ecorregión ecológica

BHA: Bosques Húmedos Amazónicos; BMHP: Bosques Muy Húmedos Premontanos; BMHM: Bosques Muy Húmedos Montanos; BPM: Bosques Pluviales Montanos y PAR: Páramo.

Endemismos del género *Cinchona* en el Perú

Según León *et al.* (2006) se registran seis especies endémicas del género *Cinchona* en el Perú, pero un posterior estudio de Albán (2013) mencionó que cinco de ellas ampliaron su distribución en otros países, de manera que dejaron de ser endémicas. Entre las especies que ampliaron su distribución para Ecuador, se tiene a *Cinchona fruticosa* y *C. scrobiculata*; para Bolivia, a *Cinchona micrantha* y *C. pyrifolia*; y para ambos países, a *Cinchona Krauseana*. La actualización de la distribución de estas especies indicaría que *Cinchona glandulifera* aún se mantiene como endémica: y *Cinchona nítida*, es nuevo registro endémico según Albán (2013). La primera especie ha sido reportada en los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Huánuco y Puno; y el segundo registrada en los departamentos de Huánuco y Pasco (Tabla 2). Cabe precisar que, *Cinchona glandulifera*, posee un rango de distribución más amplio que *Cinchona nítida* dentro del Perú; y que es de esperar que al menos una especie se reporte en los bosques de los Andes del norte de Perú, ya que corresponde a la región fitogeográfica Amotape-Huancabamba, un área de mayor endemismo debido a su complejidad topográfica y ecología de sus hábitats (Weigend, 2004; Weiáreagend *et al.* 2005), demostrado en diversos estudios florísticos (Dillon, 1993; Galán de Mera *et al.*, 2015; Sánchez & Grados, 2007; Farfán, 2007; Ambulay, 2008; Arroyo *et al.*, 2008; Juárez *et al.*, 2005; Llatas-Quiroz & López-Mesones, 2005; Weigend *et al.*, 2010; Rasal *et al.*, 2012).

Tabla 2. Especies endémicas y actualizaciones del rango de distribución del género *Cinchona* en el Perú

Especie	León <i>et al.</i> (2006)		Albán (2013)	
	Endemismo	Distribución	Endemismo	Distribución
<i>Cinchona fruticosa</i> L. Andersson	x	Amazonas, Cajamarca, Huánuco y Puno		Cajamarca, Pasco, Puno), Ecuador

<i>Cinchona glandulifera</i> Ruiz & Pavón	x	Huánuco, San Martín	x	Perú (Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Puno)
<i>Cinchona krauseana</i> L. Andersson	x	Amazonas, Pasco	-	Bolivia, Ecuador y Perú (Amazonas, Pasco)
		Amazonas,	-	Bolivia y Perú
<i>Cinchona micrantha</i> R.&P.	x	Cajamarca, Huánuco, Madre de Dios, Pasco, Puno		(Amazonas, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Pasco,

Especie	León <i>et al.</i> (2006)		Albán (2013)	
	Endemismo	Distribución	Endemismo	Distribución
				Madre de Dios, Junín, Puno, San Martín)
<i>Cinchona pyrifolia</i> L. Andersson	x	Huánuco	-	Bolivia y Perú (Cusco, Huánuco, Pasco)
<i>Cinchona scrobiculata</i> Bonpl	x	Cajamarca	-	Ecuador, Perú (Cajamarca)
<i>Cinchona nitida</i> Ruiz & Pav.	-	-	x	Perú (Huánuco, Pasco)

Es importante mencionar, que los taxones endémicos pueden definirse como raros y potencialmente amenazados (Ellstrand & Elam, 1993; Linder, 1995; Myers *et al.*, 2000; Işık, 2011); y por lo tanto, se pueden considerar prioridades de conservación. De esta manera, el estudio se enmarca en la evaluación de *Cinchona nitida* registrada en el centro de los Andes peruanos.

Del mismo modo, es posible que otras especies de *Cinchona* con distribución restringida a un área pequeña, ya sea un departamento o una localidad dentro del país, también se encuentren en amenaza como es el caso de *Cinchona capuli*, *C. lancifolia*, *C. mutisii*, *C. officinalis* y *C. scrobiculata*, los cuales han sido consideradas en el estudio.

2.4. Estado actual y perspectivas de conservación de *Cinchona* L.

El actual sistema de categorización de especies en amenaza de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2017 Versión 13) es bastante completo, pero se aplica desde un enfoque global en todo el mundo. Y la aplicación de las directrices a nivel regional y nacional de la IUCN (2012a) apoyan con la interpretación de los valores con respecto a un enfoque local. Sin embargo, se debe tener cuidado con la interpretación de las escalas de referencia del área de ocupación (AOO) y extensión de ocurrencia (EOO), ya que los umbrales están ajustadas a valores de nivel mundial y no siempre reflejan lo que ocurre dentro de un país. En otras palabras, si una especie tiene distribución amplia a nivel mundial, y los valores de su AOO y EOO son muy altos; esta especie no sería de interés para la conservación; pero si esa especie presentara registros escasos y poblaciones poco abundantes dentro de un país, podría cambiar su estado a una categoría superior de categorización en el país.

Por ello, a parte de la utilización de los valores de AOO y EOO, diversos estudios han considerado incluir otros datos que permiten complementar información para la categorización de especies, tales como la presencia de amenazas (Ibisch *et al.*, 2001; De la Cruz *et al.*, 2005), tamaño poblacional (Reynel, 1986), presencia en áreas naturales protegidas (Reynel, 1986). Por lo expuesto anteriormente, el sistema numérico propuesto por Reza *et al.*, (1994) permite incluir toda esa información y representarla en puntajes de los criterios, de tal manera que se obtiene las siguientes categorías: En Peligro Crítico o Prioridad Máxima, En Peligro o Prioritario, Vulnerable o Atención Especial, Casi Amenazado o No Prioritario.

Pocos estudios florísticos han realizado la categorización de especies de flora silvestre; por ejemplo, para el género *Puya* en Bolivia (Ibisch, 1998), las cactáceas epífitas en Bolivia (Ibisch *et al.*, 2001) y la subtribu Pleurothallidinae en Bolivia (Vásquez & Ibisch, 2000); y en Perú, la familia Moraceae (Reynel, 1986) y especies silvestres útiles de Cuzco (De la Cruz *et al.*, 2005).

En Perú, la primera categorización del género *Cinchona* fue analizada por Zevallos (1989) y obtuvo que las especies *Cinchona calisaya* y *C. parabolica* se encuentran En Peligro (EN). Sin embargo, el estudio requirió mayor sustento mediante el uso de información primaria. Luego, apareció la lista de especies amenazadas del Decreto Supremo N°043-2006-AG, el cual consideró a *Cinchona calisaya* como Vulnerable (VU) y desde ese tiempo no ha vuelto a ser evaluada.

Según Albán (2013), *Cinchona* es un género que se encuentra pobremente representado en los herbarios nacionales e internacionales; debido a que este grupo ha registrado confusiones de más de 300 nombres. En muchos casos, los ejemplares correspondían a especies del género *Ladenbergia*; y correspondería realizar estudios de campo para complementar la información de distribución y estado de conservación de especies del género *Cinchona*.

3. HIPÓTESIS

H_{1a}: Taxones con distribución restringida y poblaciones escasas pueden definirse como potencialmente amenazados; y por tanto deberían considerarse como prioridades de conservación

H_{2a}: Las seis especies de *Cinchona*, en algunos casos con distribución compartida, poseen caracteres morfológicos distintivos para su delimitación taxonómica.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Evaluar la morfología y el estado de conservación de seis especies del género *Cinchona* en los Andes del norte y centro del Perú.

4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar los caracteres morfológicos diagnósticos de las seis especies de *Cinchona* para desarrollar una adecuada diferenciación entre sus poblaciones;
- evaluar el estado de conservación de las seis especies de *Cinchona* a partir de la distribución geográfica, área de ocupación, extensión de ocurrencia, tamaño poblacional y amenazas latentes existentes en su hábitat;
- proponer áreas potenciales para reforestación de poblaciones de las seis especies de *Cinchona*.

5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.1. Ubicación

El Área de estudio comprende de 14 localidades ubicadas en los Andes del centro y norte de Perú, los cuales presentaron poblaciones de las seis especies del género *Cinchona* para la evaluación morfológica y de conservación. En los Andes del norte se incluyen a los departamentos de Piura, Cajamarca y Amazonas; y en los Andes del centro se incluye al departamento de Junín. En Piura, se evaluaron 11 localidades, de las cuales ocho se ubicaron en la provincia de Ayabaca, dos en Huancabamba y uno en Morropón. En Cajamarca, se evaluó una localidad ubicada en la provincia de San Ignacio. En Amazonas, se evaluó una localidad ubicada en la provincia de Bongará. Y en Junín se evaluó una localidad que se ubicó en la provincia de Chanchamayo. El rango de elevación de las 11 localidades evaluadas en Piura varía desde 2100 hasta 2840 msnm; en Cajamarca, desde 1650 hasta 2250 msnm; en Amazonas, desde 1850 hasta 2360 msnm; y en Junín, desde 1800 hasta 2200 msnm. Es importante precisar que, las catorce localidades fueron seleccionadas de un total de 26 localidades visitadas en los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Junín, Pasco y Piura para identificar la presencia de poblaciones de las seis especies de *Cinchona*. En el Anexo 1 se muestra las localidades registradas para la evaluación de las seis especies de *Cinchona* con sus respectivas coordenadas geográficas; y en la Figura 3 se muestra la ubicación de las localidades.

5.2. Clima

Durante el periodo 2014 y 2019, en las ocho localidades (Cerro Yantuma, Cerro Aypate, Anexo Espíndola y El Toldo de la comunidad Campesina de Samanga, Quebrada de Llanchurán, Bosque de Cuyas Cuchayo, Luplun, Molinos de Sangulí) de la provincia de Ayabaca, las temperaturas máximas variaron entre 19,6 °C y 32,5 °C y las temperaturas mínimas variaron entre 7,2 °C y 10,1 °C. El periodo con precipitaciones abundantes dura ocho meses (enero a mayo y octubre a diciembre), con un intervalo entre 37,87 mm y 170,03 mm; y el periodo con precipitaciones escasas dura cuatro meses (junio a setiembre), con un intervalo entre 0,67 mm y 6,17 mm. El periodo más nublado coincide con las precipitaciones abundantes y el periodo más despejado con las precipitaciones escasas (SENAMHI 2017-2019).

En las localidades del Centro poblado de Cataluco y Cruz Chiquita, pertenecientes a la provincia de Huancabamba, se evidencia que las temperaturas máximas variaron entre 27,4 °C y 32,6 °C y las temperaturas mínimas variaron entre 6,2 °C y 10,8 °C. Las

precipitaciones fueron escasas, ya que variaron entre 0,07 mm y 9,8 mm, siendo ligeramente mayores entre los meses de enero a mayo; y el cielo es frecuentemente despejado por año (SENAMHI 2017-2019).

En la localidad del Bosque de Mijal, perteneciente a la provincia de Morropón, se evidencia que las temperaturas máximas variaron entre 32,8 °C y 35,9 °C y las temperaturas mínimas variaron entre 11,6 °C y 20,3 °C. El periodo con precipitaciones abundantes dura cuatro meses (enero hasta abril), con un intervalo entre 75,77 mm y 309,27 mm; y el periodo con precipitaciones escasas ocho meses (mayo a diciembre), con un intervalo entre 0,20 mm y 16,93 mm. El periodo más nublado coincide con las precipitaciones abundantes y el periodo más despejado con las precipitaciones escasas (SENAMHI 2017-2019).

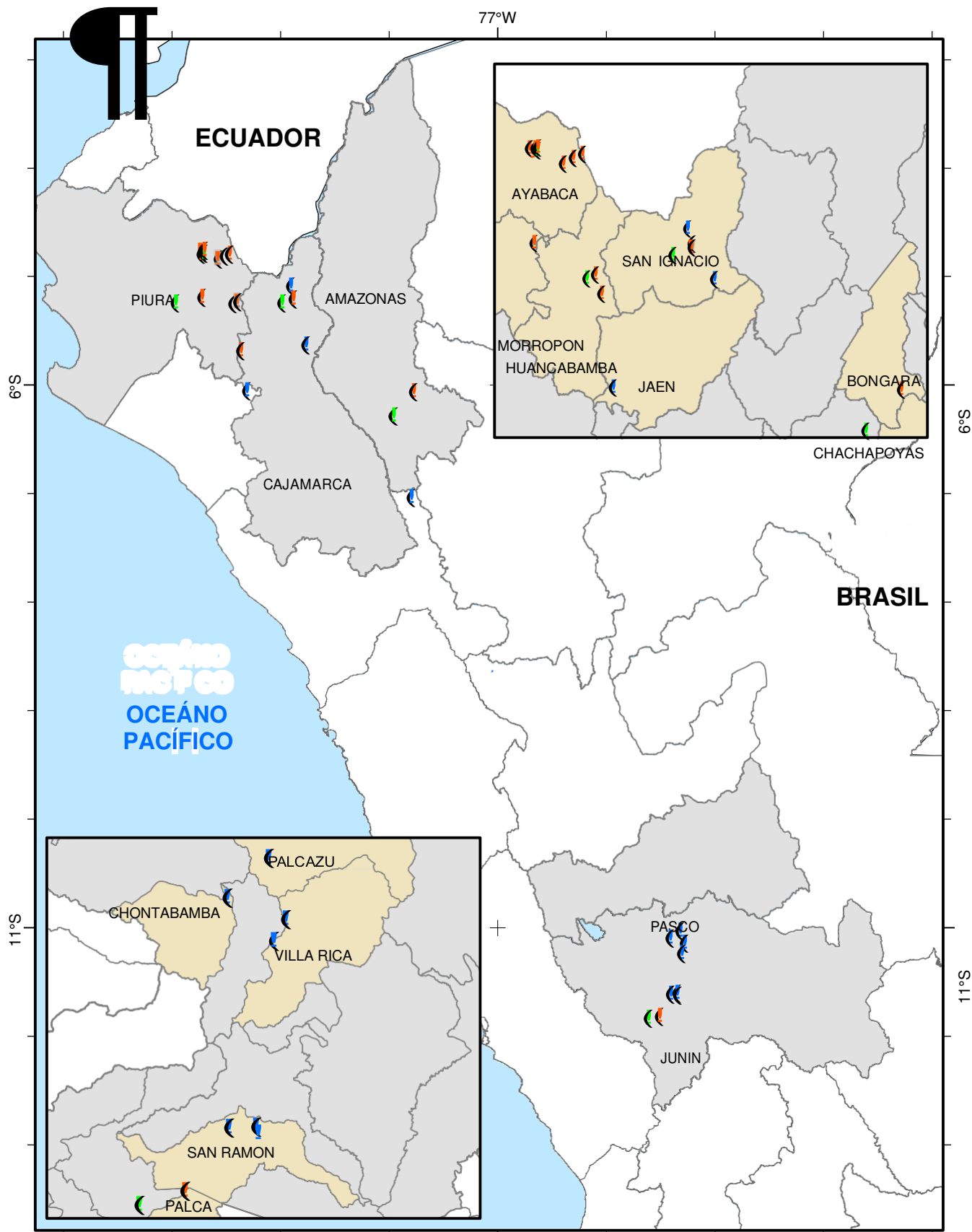
En la localidad del Centro Poblado La Unión, perteneciente a la provincia de San Ignacio, se evidencia que las temperaturas máximas variaron entre 28,50 °C y 34,20 °C y las temperaturas mínimas variaron entre 12,40 °C y 16,70 °C. El periodo con precipitaciones altas dura seis meses (enero a mayo y noviembre a diciembre), con un intervalo entre 98,1 mm y 192,27 mm; y el periodo con precipitaciones bajas dura cinco meses (junio a octubre), con un intervalo entre 36,27 mm y 69,33 mm. El periodo más nublado coincide con las precipitaciones altas y el periodo más despejado con las precipitaciones bajas (SENAMHI 2017-2019).

En la localidad de Yabrasbamba, perteneciente a la provincia de Bongará, se evidencia que las temperaturas máximas variaron entre 28,90 °C y 33,40 °C y las temperaturas mínimas variaron entre 9,40 °C y 14,0 °C. Durante todos los meses del año, se registraron precipitaciones mayores de 30,4 mm, en los meses de febrero (108,65 mm) y octubre (113,85 mm) se reportaron los mayores valores. La nubosidad estuvo presente en todos los meses, mostrándose una cobertura de nubes a nivel de la vegetación densa a primeras hora del día (SENAMHI 2017-2019).




En la localidad de Puente Malalma, perteneciente a la provincia de Junín, se evidencia que las temperaturas máximas variaron entre 21,3 °C y 23,7 °C y las temperaturas mínimas variaron entre 1°C y 7,1 °C. El periodo con precipitaciones altas dura cinco meses (enero a marzo, octubre y diciembre), con un intervalo entre 65,3 mm y 104,7 mm; y el periodo con precipitaciones bajas dura siete meses (abril a setiembre y noviembre), con un intervalo entre 13,1 mm y 37,1 mm. El periodo más nublado

coincide con las precipitaciones altas y el periodo relativamente más despejado con las precipitaciones bajas (SENAMHI 2017-2019).

Los datos de las estaciones meteorológicas del SENAMHI fueron empleadas para definir las fechas de realización de las expediciones de campo, los cuales fueron favorables entre los meses de junio a setiembre. En la Figura 3 se muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas de SENAMHI cercanas a las localidades evaluadas.



LEYENDA

-  Localidades visitadas
-  Localidades visitadas y evaluadas
-  Estaciones meteorológicas (senahmi)

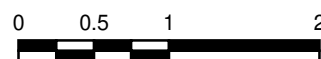
77°W

1:5,600,000

REFERENCIA

Límites Administrativos INEI 2008

Proyección: WGS 84



Decimal Degrees

Figura 3. Ubicación del Área de Estudio

5.3. Suelos

Según la clasificación de suelos de Perú descrito por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 1971), las localidades evaluadas presentaron las siguientes asociaciones de:

- **Cambisol éutrico-vertisol éutrico (CMe-VRe):** El perfil representativo del suelo en el horizonte A de esta asociación se caracteriza por ser franco, de color pardo grisáceos oscuro en húmedo; estructura en bloques subangulares finos; reacción neutra (pH=7,08); consistencia friable en húmedo, permeabilidad moderada, muy rico en nutrientes o bases (Ca, Mg, K y Na). Esta asociación fue identificada en las partes altas de las localidades de las regiones de Piura y Cajamarca.
- **Leptosol districo- Cambisol districo- Regosol districo (LPd-CMd-RGd):** El perfil representativo del suelo en el horizonte A de esta asociación se caracteriza por ser franco arenoso, con enraizamiento limitado debido a la presencia de piedras, relieve ondulado, de reacción fuertemente a ligeramente ácida, erosión moderada a severa, niveles medio a bajo de materia orgánica, niveles bajos a medios en nitrógeno total, bajos a medios en fósforo disponible, medios en potasio disponible y saturación en bases menor del 50% en alguna parte situada entre 5 y 30 cm. En colinas son particularmente más fértiles que en tierras más llanas, tiene saturación en bases menor del 50% en alguna parte situada entre 5 y 30 cm. Esta asociación fue identificada en la localidad de la región de Amazonas.
- **Leptosol districo-Regosol districo-afloreamiento lítico (LPd-RGd-R):** El perfil representativo del suelo en el horizonte A de esta asociación se caracteriza por ser franco arenoso, rocas arenisca son desarrollados a partir de depósitos de materiales detríticos gruesos derivados de rocas, se localizan en laderas de colinas, montañas y piedemonte; drenaje excesivo, con poca capacidad de retención de humedad, de reacción fuertemente a moderadamente ácida; con niveles bajos de materia orgánica, niveles medios de nitrógeno total, medios en fósforo disponible, medios altos en potasio disponible. Esta asociación fue identificada en la localidad de la región de Junín.

5.4. Ecorregiones

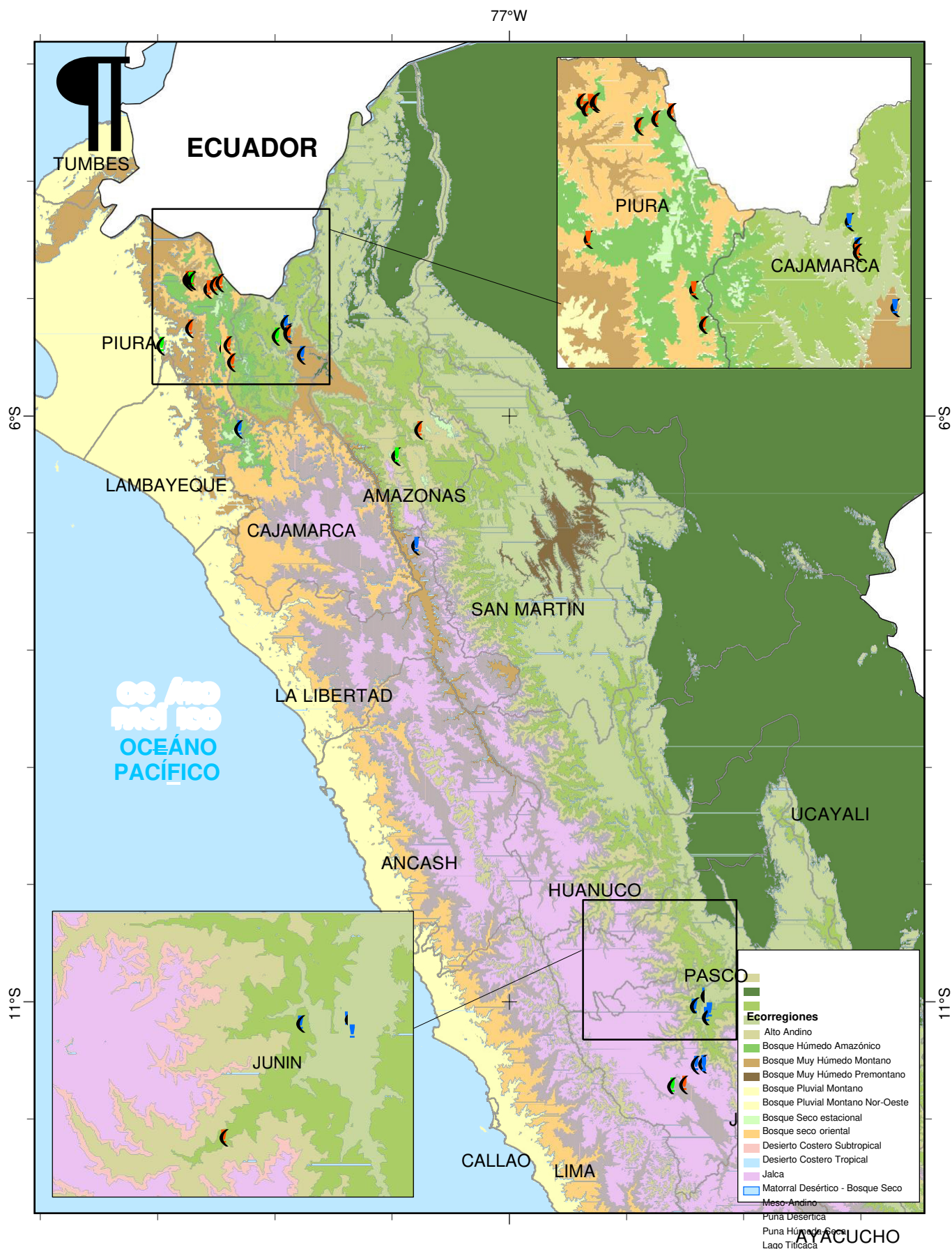
De acuerdo con la actualización de las Ecorregiones Terrestres de Perú propuesto por Britto (2017), basado en el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Perú (León *et*

al., 2006), se identifican cuatro ecorregiones en las localidades evaluadas (Figura 4), las cuales se describen a continuación:

- **Bosque Muy Húmedo Montano (BMHM):** Esta ecorregión corresponde a los bosques premontanos de la vertiente oriental y se distribuyen entre los 500 y 1500 m.s.n.m. en localidades de las regiones de Amazonas, Cajamarca y Junín.
- **Bosque Muy Húmedo Premontano (BMHP):** Esta ecorregión corresponde a los bosques montanos por debajo de los Bosques Pluviales Montanos; y se distribuyen entre 1500 y 2500 m.s.n.m. en parte de la localidad la región de Junín.
- **Bosque Pluvial Montano (BPM):** Esta ecorregión corresponde a los bosques montanos de la vertiente oriental y se extiende entre los 2500 y 3500 m.s.n.m. en el norte a lo largo de las localidades del departamento de Amazonas.
- **Bosque Pluvial Montano Nor Oeste (BPMN):** Esta ecorregión corresponde a los bosques montanos por debajo de la ecorregión de Bosques Pluviales Montanos; y se extienden entre los 1500 y 2500 m.s.n.m. en parte de las localidades de las regiones de Piura y Cajamarca.

Tabla 3. Distribución de las cuatro ecorregiones identificadas en las localidades evaluadas

Departamento	Provincia	Localidades evaluadas	Ecorregión
Piura	Ayabaca	Cerro Yantuma, Cerro Aypate, Anexo Espíndola y El Toldo de la comunidad Campesina de Samanga,	Bosque Pluvial Montano Nor-Oeste
		Quebrada de Llanchurán, Bosque de Cuay Cuchayo, Luplun, Molinos de Sangulí	
	Morropón	Bosque de Mijal	
	Huancabamba	Centro poblado de Cataluco y Cruz Chiquita	
Cajamarca	San Ignacio	Centro Poblado La Unión	Bosque Muy Húmedo Montano
Amazonas	Bongará	Yabrasbamba	Bosque Pluvial Montano
Junín	Chanchamayo		Bosque Muy Húmedo Montano
		Puente Malalma	Bosque Muy Húmedo Premontano



LEYENDA

□ Límite departamental

REFERENCIA

Ecorregiones del Perú (Britto, 2017)
Límites Administrativos INEI 2008
Proyección: WGS 84

Figura 4. Ecorregiones identificadas en la localidades evaluadas

6. MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

A) Material de campo

- Wincha de 50 m
- Cinta flagging
- Libreta de campo
- Lápices
- Rafia
- Tijeras de podar
- Bolsas plásticas con asa
- Alcohol comercial 70°
- Plumones indelebles
- Cámara fotográfica
- GPS
- Tijera telescópica
- Bolsas plásticas grandes

B) Material de laboratorio

- Estereoscopio
- Placas Petri
- Estiletes
- Gotero
- Papel milimetrado
- Portaobjetos
- Claves de identificación
- Cámara Ascope del Estereoscopio
- Viales
- Papel canson
- Lápiz
- Tijera
- Regla de 20 cm

Reactivos:

- Hipoclorito de sodio (lejía comercial)
- Agua destilada

MÉTODOS

La presente investigación se realizó entre el año 2014 y 2019, abarcando tanto la evaluación de caracteres morfológicos y del estado de conservación de las seis especies de *Cinchona* de los Andes del norte y centro del Perú.

6.1. Evaluación de caracteres morfológicos de las seis especies de *Cinchona*

6.1.1. Muestreo botánico

La recolección botánica se realizó durante los meses de mayo del 2017 - junio del 2019. Para dicha colecta se realizaron caminatas botánicas dirigidas por los guías locales que conocían sobre la cascarilla o quina, nombre comercial de especies del género *Cinchona*. Se tomaron las coordenadas de los puntos de colecta en el GPS para establecer la ubicación de las poblaciones de las seis especies de *Cinchona*.

Para la elección de las muestras botánicas se consideró aquellos individuos que presentaban órganos vegetativos (ramas con hojas) y órganos reproductivos (flores y frutos); y luego se seccionaron cuatro (04) ramitas por individuo registrado en cada localidad. Se colectaron un total de 50 especímenes por cada especie evaluada del género *Cinchona*. Los especímenes colectados fueron procesados según el método tradicional de herborización de Cerrate (1964), el cual consiste en la respectiva codificación, prensado en periódico con dimensiones de 40 x 30 cm, preservado con alcohol de 70° y secado en la estufa.

A parte de la herborización de especímenes, se preservaron estructuras vegetativas como estípulas en solución de alcohol a 70° y los frutos indehiscentes y/o dehiscentes fueron colocados en sobres de papel. Es importante precisar que, las estípulas (rasgo vegetativo característico del género *Cinchona*) fueron obtenidas de ramas juveniles debido a que los coléteres fueron más notorios (Figura 5).

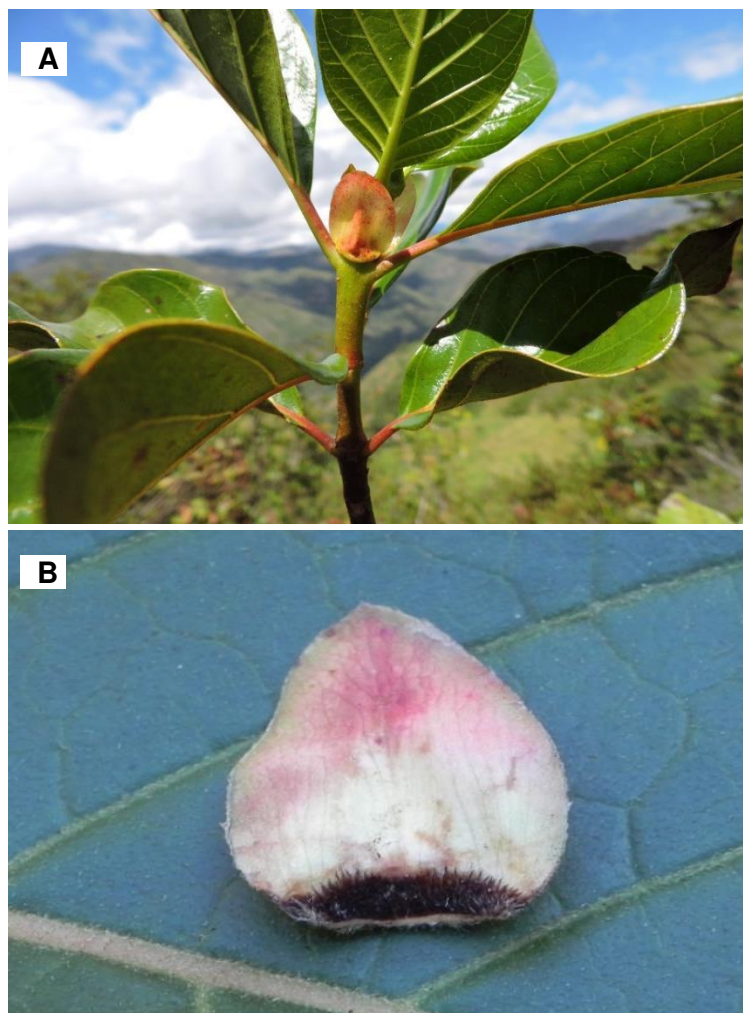


Figura 5. *Cinchona nitida*: A) Estípula, B) coléteres en la base de la estípula.

6.1.2. Identificación taxonómica

La identificación taxonómica de los especímenes colectados fue realizada a través del uso de claves taxonómicas¹ y luego corroboradas con especialistas del grupo². Asimismo, se confrontó el material colectado con el material tipo depositado en herbarios nacionales (USM y MOL)³ e imágenes digitales de alta resolución disponibles en línea de herbarios internacionales (MO, NY, COL)⁴, así como la consulta a especialistas del grupo.

6.1.3. Caracterización morfológica

Se consideraron 17 caracteres morfológicos, de los cuales 14 caracteres fueron descritos por Andersson (1994, 1995, 1998) y tres caracteres fueron considerados como nuevos producto de este trabajo (Tabla 4). Cabe precisar que, la descripción de los caracteres descritos por Andersson (1994, 1995, 1998) han sido elaborados con la examinación ejemplares herborizados; y en cambio en el presente trabajo se observó también material fresco.

De los 17 caracteres morfológicos, 11 caracteres son cualitativos y seis cuantitativos (Tabla 4). Los caracteres cualitativos fueron obtenidos a través de las observaciones de campo y examinación de las muestras con estereoscopio AmScope. Los caracteres cuantitativos como el tamaño de la hoja, largo del pecíolo y tamaño del fruto fueron medidos con papel milimetrado, y las más pequeñas como estípulas y semillas fueron medidos con el programa ImageJ 64bits (Schindelin *et al.*, 2012), usando un estereoscopio trinocular con una cámara digital e incorporada AmScope. Se evaluaron los caracteres morfológicos de un total de 300 especímenes, de los cuales 50⁵ correspondieron a cada especie (*Cinchona capuli*, *C. officinalis*, *C. lancifolia*, *C. mutisii*, *C. scrobiculata* y *C. nitida*).

¹ Andersson, L. (1995). Tribes and Genera of the Cinchoneae Complex (Rubiaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 82(3), 409; Andersson, L. (1998). A revision of the genus *Cinchona* (Rubiaceae-Cinchoneae). *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 80, 1-40; Standley, P. (1930a). The Rubiaceae of Colombia. *Field Museum of Natural History*, 2(1), 175 p; Standley, P. (1931a). The Rubiaceae of Ecuador. *In Field Museum of Natural History*, 2(2), 114p.

² Especialistas como Joaquina Albán y Eder Chilquillo.

³ USM: Herbario San Marcos, MOL Herbario Weberbauer de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

⁴ MO: Herbario Missouri Botanical Garden, NY: Herbario New York Botanical Garden, COL: Herbario Nacional Colombiano.

⁵ Es la cantidad disponible que se ha podido colectar a fin de no afectar la supervivencia de las poblaciones.

Tabla 4. Caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos considerados para la diferenciación taxonómica de seis especies de *Cinchona* en los Andes del norte y centro del Perú.

Carácter cualitativo	
1.	Porte (arbóreo o arbustivo)
2.	Forma del domacio
3.	Forma del limbo de las hojas maduras
4.	Consistencia de la hoja maduras
5.	Indumento de la hoja maduras
6.	Tipo de inflorescencia
7.	Disposición y forma de coléteres en la base de la estipula
8.	Forma del fruto
9.	Indumento del fruto
10.	Márgenes de la semilla madura
11.	Consistencia del endocarpo
Carácter cuantitativo	
12.	Tamaño del limbo de la hoja (largo x ancho) madura
13.	Número de pares de venas de la hoja madura
14.	Tamaño de la estipula (largo x ancho)
15.	Longitud del peciolo
16.	Tamaño del fruto (largo x ancho)
17.	Tamaño de la semilla (largo x ancho) °

Cabe precisar que, para la observación y medición de las estipulas, se realizó un previo tratamiento a fin de obtener una mejor observación de estas estructuras. Este tratamiento consistió en remojar las estipulas en hipoclorito de sodio a 80% por un tiempo determinado hasta ver los coléteres de color blanquecinos. Para el caso de *Cinchona mutisii*, *C. capuli* y *C. nitida* solo fueron remojadas durante 15 minutos; mientras que, *C. officinalis*, *C. lancifolia* y *C. scrobiculata* requirieron de aproximadamente 45 minutos cada una.

Para el análisis de datos, se utilizaron los datos cuantitativos de los caracteres morfológicos de las seis especies de *Cinchona*. Primero, se aplicó las pruebas de normalidad a los datos con la finalidad de elegir el tipo de prueba adecuada para realizar la correlación entre caracteres de cada especie. Debido a que los datos no presentaron distribución normal, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis. Esta prueba es muy empleada en estudios de morfometría (Hollander, Wolfe & Chicken, 2013; Rohlf, 1990; Martínez-Castro *et al.*, 2019), ya que permite evaluar la distribución de datos y observar las diferencias por carácter y por especie; y es calculada mediante la función `kruskal.test()` del stats R Package (Hollander, Wolfe & Chicken, 2013). Se plantea 2 hipótesis:

- Hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa entre los caracteres cuantitativos de las seis especies de *Cinchona*.
- Hipótesis alternativa (H_1): Si hay diferencia significativa entre los caracteres cuantitativos de las seis especies de *Cinchona*.

Si el p-valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa, lo cual indicaría que existe diferencia significativa en el tamaño (largo y/o ancho) de los caracteres cuantitativos entre las seis especies de *Cinchona*, por lo que los rangos morfométricos aportarían a una mejor descripción de las especies y como consecuencia de sus poblaciones. Los cálculos se realizaron a través del programa IBM SPSS (versión 22).

6.2. Evaluación del estado de conservación de las seis especies de *Cinchona*

Para la evaluación del estado de conservación de las seis especies de *Cinchona* en el Perú, se empleó el índice modificado de SUMIN propuesto por Reza *et al.* (1994). Este índice puede actualizarse con frecuencia según se disponga de nueva información. En la Tabla 5, se describe cinco criterios y los valores que componen el SUMIN necesarios para la evaluación del estado de conservación de una especie (adaptado de Reza *et al.*, 1994).

Las adaptaciones fueron necesarias debido a que se analizaron metodologías propuestas por Reynel (1986), Zevallos (1989) e Ibisch *et al.* (2001) y De la Cruz (2005); en las cuales recomiendan la inclusión de criterios como la cantidad de registros en una región (Zevallos, 1989; Reynel, 1986) y la presencia de amenazas latentes (Ibisch *et al.* 2001; De la Cruz, 2005). Asimismo, se consideraron los criterios de categorización de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, versión 3.1 (IUCN 2012a, IUCN 2017) y las directrices para la aplicación de los criterios de la lista roja de la IUCN a nivel regional y nacional, versión 4.0 (IUCN, 2012b); por lo que se incluyó el criterio de distribución geográfica; el tamaño poblacional y el impacto negativo de la actividad humana. No fue factible considerar la extensión de ocurrencia, ya que los valores a escala nacional serán valores menores a los umbrales globales; y ello indica que no todas las especies están en peligro.

Tabla 5. Criterios y valores del SUMIN para la evaluación del estado de conservación de *Cinchona capuli*, *C. lancifolia*, *C. mutissi*, *C. nitida*, *C. officinalis* y *C. scrobiculata* distribuidas en los Andes del norte y centro del Perú.

Criterio	Valor 0	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor 4	Valor 5
Distribución geográfica (Área de ocupación mundial y área de ocupación nacional)	Todo el país o su mayor parte	Aproximadamente la mitad del país	Menos de la mitad del país, en forma continua o disyuntiva	Restringida a una región o departamento.	Restringida a una provincia.	Registrada a una localidad
Confinamiento (Área de ocupación)	$AOO_n < 25\% AOO_m$	$25\% AOO_m < AOO_n < 50\% AOO_m$	$AOO_n = AOO_m$	$50\% AOO_m < AOO_n$		
Tamaño poblacional (individuos maduro/ha)	Abundante (< de 10.000 individuos maduros/ha)	Intermedio (< 2500 individuos maduros/ha)	Escaso (< 250 individuos maduros/ha)			
Amenazas antrópicas	Nula	Baja	Media	Alta		
Protección	Protegida por más de una unidad de conservación	Protegida por 1 unidad de conservación	No protegida			

El valor total del SUMIN varía de 0 a 18. Se aplicó criterio estadístico para establecer una correspondencia de la vulnerabilidad. En la Tabla 6 se muestra los rangos de SUMIN para determinar el estado actual de conservación para una especie.

Tabla 6. Clasificación del estado de conservación basado en los valores del SUMIN

Rango de SUMIN	Estado actual de Conservación (Presenta Estudio)	Equivalencias con las categorías de la IUCN (2017)
$SUMIN < \bar{X}_{SUMIN} - S_{SUMIN}$ ó $\bar{X}_{SUMIN} - S_{SUMIN} < SUMIN$	No Prioritaria	Casi Amenazada
$\bar{X}_{SUMIN} - S_{SUMIN} \leq SUMIN < \bar{X}_{SUMIN}$	Atención Especial	Vulnerable
$\bar{X}_{SUMIN} \leq SUMIN < \bar{X}_{SUMIN} + S_{SUMIN}$	Prioridad	En Peligro
$\bar{X}_{SUMIN} + S_{SUMIN} \leq SUMIN$	Prioridad Máxima	Peligro Crítico

\bar{X}_{SUMIN} : Media de SUMIN, S_{SUMIN} : Desviación estándar de SUMIN

A continuación, se detalla la obtención de cada criterio:

6.2.1. Distribución geográfica de seis especies de *Cinchona*

Para la determinación de la distribución geográfica, se recopilamos los registros de ocurrencia obtenidos a partir de las expediciones realizadas entre los años 2014 y 2018 al interior del país (Amazonas, Cajamarca, Junín y Piura). Estos registros fueron complementados con la revisión de exsicatas de los principales herbarios de Perú (HAO, UNC, HOXA, MOL y USM)⁶ y la revisión de imágenes de alta calidad provenientes de herbarios internacionales (BM, COL, GB, F, MA, MO, NY, P, QNCE, US)⁷. Hubo casos en que algunas etiquetas de muestras de herbario no presentaron coordenadas, así que fueron estimados buscando las localidades indicadas; pero en otros casos las localidades descritas eran muy inexactas o vagas (muchas de ellas especímenes antiguos), por lo que, se prefirió excluirlos de la base de datos por tratarse de datos inespecíficos. La inferencia de las coordenadas referenciales fue realizada a partir de la técnica de Graham *et al.* (2004) en su estudio de desarrollo de manejo de datos.

A base de todo ello, se obtuvo que 113 registros fueron considerados para su determinación de rangos de distribución. Para la valorización del criterio de “distribución geográfica”, se evaluaron: a) si los registros estuvieron por todo el país o en más de la mitad del país (valor 0), b) mitad del país (valor 1), c) menos de la mitad del país (valor 2), d) restringida a una región (valor 3), restringida a una provincia (valor 4) y e) restringida a una localidad (valor 5).

Adicionalmente, a partir de la georreferenciación, se realizó la superposición de los registros sobre el modelo de elevación global Shuttle Radar Topography Mission con una resolución de 90 metros (<http://srtm.csi.cgiar.org>) para estimar la distribución altitudinal de cada especie; el cual fue contrastada con la información obtenida de las etiquetas de herbario y expediciones de campo.

6.2.2. Confinamiento de las seis especies de *Cinchona*

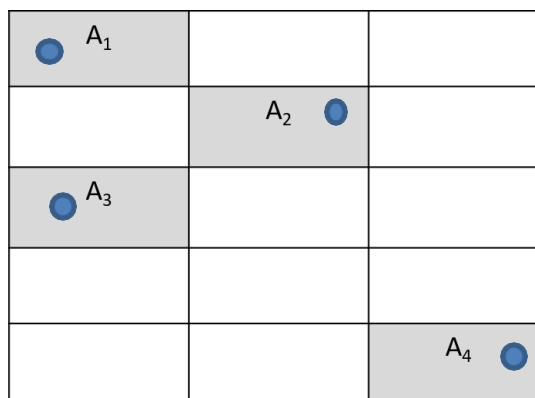
El confinamiento se determinó en base a la relación porcentual del área de ocupación (AOO) nacional y el área de ocupación mundial ya que los registros

⁶ HAO: Herbario Antenor Orrego, UNC: Herbario Universidad Nacional de Cajamarca, HOXA: Herbario Selva Central Oxapampa, MOL: Herbario Weberbauer de la Universidad Nacional Agraria La Molina, USM: Herbario San Marcos.

⁷ BM: Herbario del Museo de Historia Natural de Londres, COL: Herbario Nacional Colombiano, GF: Herbario Göteborg University, F: Herbario del Field Museum, MA: Herbario del Real Jardín Botánico, MO: Herbario Missouri Botanical Garden, NY: Herbario New York Botanical Garden, P: Herbario de París, QNCE: Herbario Nacional del Ecuador, US: Herbario Nacional de Estados Unidos.

recopilados para la presente investigación fueron tanto nacionales como globales (Tabla 7).

El AOO nacional (AOO_n) se determinó en base a la sumatoria de las cuadrillas de 4 km² obtenidos a partir de los reportes de una especie en el Perú. Y el AOO mundial (AOO_m) se determinó en base a la sumatoria de las cuadrillas de 4 km² obtenidos a partir de los reportes de la misma especie en el mundo. Cada cuadrilla de 4 km² fue calculada en la plataforma GeoCAT (Bachman *et al.*, 2011; disponible en <http://geocat.kew.org/>). Esta plataforma únicamente requiere de un excel (en formato delimitado por comas) que tenga los registros de la especie; luego automáticamente se elige el tamaño de cuadrilla que se considerará para la evaluación del estado de conservación y se obtiene el AOO. A continuación, se describe como se calcula el área de ocupación:



$$AOO = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

La IUCN (2010) considera que en muchos casos la cuadrícula de 4 km² del área es una escala adecuada; puesto que, las escalas de tamaño de cuadrícula mayor a 2 km por lado no permiten que ningún taxón se incluya como En Peligro Crítico; y las cuadrículas de 1 km² tienden a incluir a más taxones en categorías de amenaza de lo que debería categorizarse (IUCN, 2010).

En relación con la extensión de ocurrencia (EOO), este parámetro no fue considerado para la categorización de las seis especies, debido a que el polígono obtenido a partir de la unión de registros es más subjetivo que el AOO. En ese sentido, el criterio de confinamiento fue analizado en términos del área de ocupación nacional y el área de ocupación mundial (Tabla 7).

Los valores del criterio de confinamiento para la evaluación del estado de conservación son los siguientes:

Tabla 7. Valores de área de ocupación para determinación del estado de conservación

Confinamiento	Valor
$AOO_n < 25\% AOO_m$	0
$25\% AOO_m < AOO_n < 50\% AOO_m$	1
$AOO_n = AOO_m$	2
$50\% AOO_m < AOO_n$	3

AOO_n: Área de Ocupancia calculado a partir de reportes en el Perú, AOO_m: Área de Ocupancia calculado a partir de reportes a nivel mundial.

6.2.3. Tamaño poblacional de seis especies de *Cinchona*

Se establecieron 34 transectos de 50 x 8 m (0.04 ha), de los cuales 10 transectos fueron instalados para la evaluación de *Cinchona capuli*, ocho para *C. lancifolia*; ocho para *C. nitida*, tres para *C. mutisii*, cinco para *C. scrobiculata* (Anexo 2). La especie *Cinchona officinalis* no pudo ser evaluada, debido a que sus poblaciones fueron afectadas por incendios ocurridos el año en que iban a evaluar sus poblaciones.

Cada transecto fue establecido a una distancia de separación de 10 m y fueron ubicados en áreas donde se encontraban las especies (Figura 6). En cada transecto se registró el número de individuos por estadio de desarrollo (tabla 8). Asimismo, se anotó las coordenadas geográficas de inicio y final del transecto con una precisión de ± 10 m, la pendiente, posición topográfica, elevación, uso de suelo, y registro de flora asociada a los alrededores de los transectos. Se consideró instalar transectos, ya que son más rápidos y sencillos para evaluar especies arbóreas en bosques donde la pendiente es agreste (Phillips *et al.*, 2003 a; Phillips *et al.*, 2003 b; Baraloto *et al.*, 2013).

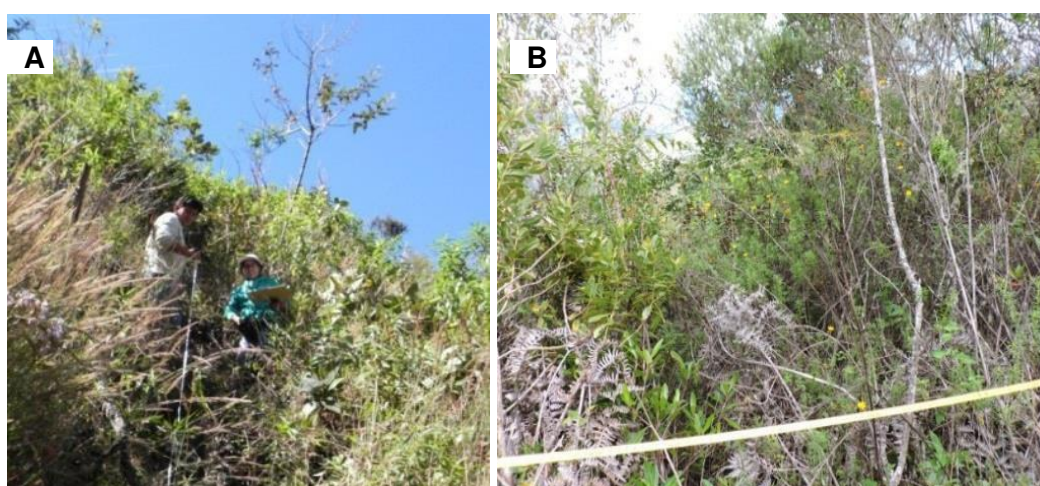


Figura 6. A) Instalación de transecto en la localidad de Malalma, Junín, B) Transecto instalado en la localidad de Molinos de Sangulí, Piura

Los estadios de desarrollo considerados para las seis especies de *Cinchona* fueron:

- a) Estadio plántula: Individuos menores de 1 metro
- b) Estadio juvenil: Individuos entre 1 a 2 metros
- c) Estadio adulto: Individuos mayores de 2 metros y con presencia de estructuras fértiles (flores y frutos).

Para fines de la aplicación de este criterio, se consideraron los tres rangos de tamaño poblacional citados en el criterio D de la IUCN (versión 3, 2001), el cual consistió en la estimación de individuos adultos de una especie. En el presente estudio, se realizó una estimación de individuos adultos por hectárea y por especie a escala nacional. De manera que los tres rangos fueron agrupados en tres grupos:

- a) abundante (Población muy restringida o restringida en menos de 10 000 individuos maduros/ha),
- b) intermedio (Tamaño de la población que es menor de 2 500 individuos maduros/ha); y
- c) escaso (Tamaño de la población es menor de 250 individuos maduros/ha).

La finalidad es que el tamaño poblacional entre las seis especies de *Cinchona* pueda ser comparable, ya que poseen la misma unidad (individuos maduros/hectárea).

6.2.4. Identificación de amenazas de las poblaciones de seis especies de *Cinchona*

Este criterio fue incluido de manera cualitativa, es decir, se identificó la presencia de actividades antrópicas que amenazan la supervivencia de las poblaciones de *Cinchona capuli*, *C. lancifolia*, *C. nitida*, *C. mutisii*, *C. officinalis* y *C. scrobiculata*; y se agruparon en cuatro grupos:

- a) nula (ninguna presencia de actividad antrópica),
- b) baja (una actividad antrópica),
- c) media (dos actividades antrópicas),
- d) alta (más de dos actividades antrópicas).

Para la identificación de las actividades antrópicas se emplearon las anotaciones de campo y el análisis geoespacial realizado en el programa ArcGis v. 10.2 (ESRI, 2011). Este análisis consiste en la superposición de las localidades evaluadas sobre las capas de vías de acceso, áreas deforestadas, comunidades con alta densidad poblacional, concesiones petroleras y concesiones mineras. Las concesiones mineras

fueron obtenidas a partir del portal virtual GeoCatmin de la Institución del Ministerio de Energía y Minas (<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>); las comunidades, concesiones forestales, vías de acceso (red vial nacional, red vial vecinal y trochas) fueron obtenidas a partir del geoportal del SICAR del Ministerio de Agricultura y Riego (<http://georural.minagri.gob.pe/sicar/#>); y las áreas deforestadas del portal virtual de Geobosques del Ministerio del Ambiente (<http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/descargas.php>).

6.2.5. Protección de las seis especies de *Cinchona*

Se identificó la presencia de Áreas Naturales Protegidas cerca o dentro de las localidades donde han sido identificadas las poblaciones de seis especies de *Cinchona*. Primero, se obtuvieron los límites de Áreas Nacionales Protegidas (ANPs) y Áreas de Conservación Privada (ACPs) del Geoportal del SERNANP (<http://geo.sernanp.gob.pe/geoserver/principal.php>) en formato .shp. Luego, los límites de estas áreas fueron mapeados con la finalidad de identificar si alguna población de las seis especies de *Cinchona* se encontraba dentro de algún área. Y para fines de la aplicación de este criterio, se consideró el número de unidades de conservación que protege a la especie agrupado en tres grupos: a) cuando la especie es protegida por más de una unidad de conservación (valor 0), b) cuando la especie es protegida por una unidad de conservación (valor 1); y c) cuando la especie no es protegida por ninguna unidad de conservación (valor 2).

6.3. Identificación de áreas potenciales para reforestación de las seis especies de *Cinchona*

Para la identificación de áreas potenciales para reforestación de cada especie de *Cinchona*, se empleó el algoritmo de MaxEnt v3.3.3 (Phillips *et al.*, 2006) basado en el principio de máxima entropía. Este algoritmo maximiza las probabilidades de registrar hábitats óptimos donde podría desarrollar la especie empleando variables bioclimáticas y registros de ocurrencia (Phillips *et al.*, 2006; Ellith *et al.*, 2006). MaxEnt se considera como uno de los algoritmos que trabaja de manera eficiente con pocos registros (Ellith *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007).

Primero, se realizó la correlación de 19 variables ambientales disponibles en la página de WorldClim 1.4 (<http://www.worldclim.org/>) con los registros de ocurrencia de una especie mediante la prueba de Spearman (Dormann *et al.*, 2013, Syfert *et al.*, 2013). Luego, se seleccionaron las variables que presentaron una correlación menor a 0.8

($r < 0.8$), debido a que eran las que aportaban más información para la especie. Cabe precisar que, las variables empleadas fueron de resolución de 1 km (Hijmans *et al.*, 2005).

La selección condujo a que el conjunto inicial de 19 variables ambientales se redujera entre cuatro a diez variables ambientales:

- Para *Cinchona capuli*, se consideró las variables bio 1, bio 3, bio 8 y bio 12.
- Para *Cinchona lancifolia*, se consideró las variables bio 1, bio 2, bio 3, bio 11, bio 4, bio 14, bio 15, bio 3, bio 12 y bio 10.
- Para *Cinchona mutisii*, se consideró las variables bio 1, bio 3, bio 7, bio 8, bio 11, bio 12, bio 13, bio 14, bio 17.
- Para *Cinchona nitida*, se consideró las variables bio 4, bio 5, bio 6, bio 7, bio 8, bio 12, bio 13, bio 14, bio 15, bio 16, bio 18.
- Para *Cinchona officinalis*, se consideró las variables bio 3, bio 4, bio 8, bio 10, bio 11, bio 13, bio 14.
- Para *Cinchona scrobiculata*, se consideró las variables bio 3, bio 4, bio 7, bio 15 y bio 18.

Luego de obtener las variables a considerar, se calibró el algoritmo de MaxEnt según las especificaciones recomendadas por Alba-Sánchez *et al.*, (2010) y Phillips *et al.* (2006). Para los resultados se eligió el formato logístico (.asc) para facilidad en la interpretación en programas de sistemas de Información geográfica (Phillips & Dudík, 2008) y para la visualización de las capas se utilizó Arcgis 10.2. El valor de AUC de 1.0 indica capacidad de discriminación perfecta y un valor de 0.5 o menos indica modelo insuficientemente validado.

A partir del ráster del modelamiento resultante de cada especie de *Cinchona*, se superpuso las capas de áreas naturales protegidas y áreas de conservación privada obtenidos del geoportal del SERNARP (<http://geo.sernanp.gob.pe/geoserver/principal.php>). De este modo se identificó zonas potenciales de reforestación que muestran oportunidad para ser consideradas en planes de conservación del Árbol de la Quina en el Perú.

7. RESULTADOS

7.1. Descripción de caracteres morfológicos de seis especies de *Cinchona*

Cinchona capuli L. Andersson

Tipo: ECUADOR: Zamora-Chinchi: Quebrada Honda, vecindad de Rancho Achupallas, 2500-2700 m, 10 Oct 1943. *Steyermark 54563* (Holotipo: A; IT: F, G, MO, NY).

Árbol o arbusto menor a 18 m de alto y 40 cm de diámetro. **Hojas** simples, opuestas, 6.2-21 x 3.7-12.8 cm, elípticas con base y ápice agudo u obtuso; margen entero; membranácea; haz glabro y mate; envés esparcidamente pubérulo, pero más denso a nivel de las venas; venas con 6 a 7 pares; peciolo 0.9-3.5 cm. **Estipulas** de 0.9-2.5 x 0.3-1.2 cm, con presencia de coléteres cónicas dispuestos en varias capas. **Domacios** leves en forma de bolsillo triangular con abundantes pelos. **Inflorescencia** panícula, laxa, axilar, densamente pubescente. **Frutos** cápsulas 7-43.9 x 4-15.3 mm, subglobosas glabros y opacos con endocarpo cartáceo. **Semillas** 5.00-7.45 x 1.94-3.97 mm, aladas, margen fimbriado.

Fenología. - Flores y frutos en los meses de junio y julio.

Cinchona nitida Ruiz & Pav.

Tipo: PERÚ: Huánuco, Cuchero, julio 1780. *Ruiz & Pavón s.n.* (Leptotipo: G, MA, P).

Árbol o arbusto menor a 9 m de alto. **Hojas** simples, opuestas, 11-19.5 x 5-10.6 cm, elípticas con base y ápice obtuso; margen entero; coriáceo; haz glabro y lustroso, excepto en las venas; envés esparcidamente pubérulo, pero más denso a nivel de las venas; venas con 8 a 9 pares; peciolo 0.5-1.3 cm. **Estipulas** de 1.2-2.3 x 0.5-1 cm, con presencia de coléteres como pelos alargados dispuestos en varias capas. **Domacios** ausentes. **Inflorescencia** panícula, laxa, axilar, densamente pubescente. **Frutos** cápsulas 32.1-39.4 x 5.9-9.1 mm, subglobosas pubérulas con endocarpo cartáceo. **Semillas** 5.44-10.86 x 1.45-2.63 mm, aladas, margen dentado a la mitad y fimbriado en la otra mitad.

Fenología. - Flores y frutos en el mes de junio.

***Cinchona lancifolia* Mutis**

Tipo: COLOMBIA, sin notas sobre la localidad exacta y la fecha. *Mutis 619* (Leptotipo: MA; Isoleptotipo: US).

Árbol o arbusto menor a 15 m de alto y 20 cm de diámetro. **Hojas** simples, opuestas, 7-11 x 3.5-5.9 cm, obovadas lanceoladas con base y ápice agudo; margen entero; coriácea; haz glabro y lustroso; envés glabro, pero con ligeros pelos en las venas primarias y secundarias; venas con 6 a 8 pares; peciolo 1-2 cm, glabros o esparcidamente a densamente hirtelo, la pubescencia usualmente es de color amarillo. **Estipulas** de 0.9-1.9 x 0.5-0.8 cm, con presencia de coléteres cilíndricos dispuestos en dos o tres capas. **Domacios** leves en forma de bolsillo triangular con abundantes pelos. **Inflorescencia** panícula, contraída, axilar, moderadamente a densamente con pubescencia gris o marrón. **Frutos** cápsulas 20.6-36.9 x 8.9-14 mm, cilíndricos glabros y lustrosos con endocarpo leñoso. **Semillas** 5.08-9.21 x 1.73-4.88 mm, aladas, margen dentado a la mitad y fimbriado en la otra mitad.

Fenología. - Flores y frutos en los meses de mayo y junio.

***Cinchona mutisii* Lamb.**

Tipo: ECUADOR, Loja, Quito. "Cinchona sp. nova inédita de Loja, Quito, Perú".? *Tafalla s.n* (Holotipo: BM).

Árbol o arbusto menor a 6 m de alto y 15 cm de diámetro. **Hojas** simples, opuestas, 2-7.5 x 1.5-2.6 cm, obovadas con base y ápice obtuso; margen entero; membranácea; haz glabro y lustroso; envés esparcidamente hirtelo, pero más denso a nivel de venas; venas con 5 a 6 pares; peciolo 0.6-3.2 cm, densamente hirsuto. **Estipulas** de 0.5-0.8 x 0.3-0.35 cm, con presencia de coléteres triangulares dispuestos en dos capas generalmente. **Domacios** leves en forma de bolsillo triangular con abundantes pelos. **Inflorescencia** panícula, contraída, axilar, densamente hirsuto. **Frutos** cápsulas 18.6-25.9 x 5.3-6.9 mm, subglobosos glabros y opacos con endocarpo leñoso. **Semillas** 4.57-6.69 x 1.64-2.59 mm, aladas, margen fuertemente fimbriado.

Fenología. - Flores y frutos en los meses de mayo y junio.

***Cinchona scrobiculata* Bonpl.**

Tipo: PERÚ, Cajamarca, "Jaén de Bracamoros", n.d., *Bonpland 3614* (Leptotipo: P, Isotipo: B-W 4032, F, G, P).

Árbol o arbusto menor a 12 m de alto. **Hojas** simples, opuestas, 13.5-27 x 6.4-15.4 cm, elípticas con base y ápice agudo; margen entero; membranácea; haz glabro y mate; envés pubérulo, pero más notorio a nivel de venas; venas con 10 a 11 pares; peciolo 0.2-2 cm, esparcidamente hirsuto. **Estipulas** de 2-2.9 x 0.7-0.8 cm, esparcidamente hirtelo, con presencia de coléteres cilíndricos dispuestos en varias capas. **Domacios** ausentes o bien tenues. **Inflorescencia** panícula, contraída, axilar. **Frutos** cápsulas 0.9-2.3 x 0.3-0.6 mm, subglobosos glabros y opacos con endocarpo cartáceo. **Semillas** 4.5-9 x 1.7-2.5 mm, aladas, margen fimbriado.

Fenología. - Flores y frutos en el mes de mayo.

***Cinchona officinalis* L.**

Tipo: ECUADOR, Loja: Cerro de Cajanuma, 1738, *La Condamine s.n* (Holotipo: P-JU 9899+B).

Árbol o arbusto menor a 6 m de alto y 5-6 cm de diámetro. **Hojas** simples, opuestas, 4.8-7.7 x 2.5-6 cm, elípticas con base y ápice agudo; margen entero; coriácea; haz glabro y lustroso; envés glabro, a veces con pelos dispersos a nivel de las nervaduras; venas con 5 a 6 pares; peciolo 0.7-2.1 cm, densamente pubescente a subglabro. **Estipulas** de 1.5-1.6 x 0.5-0.55 cm, con presencia de coléteres cónicas dispuestos en varias capas. **Domacios** remarcados en forma de hoyo con algunos pelos en los márgenes. **Inflorescencia** panícula, contraída, axilar. **Frutos** cápsulas 12.1-15.3 x 4.35-6.89 mm, cilíndricos glabros y lustrosos con endocarpo leñoso. **Semillas** 4.35-6.69 x 2.91-4.5 mm, aladas, margen entero.

Fenología. - Flores y frutos en los meses de mayo y junio.

Clave de identificación para seis especies de *Cinchona*

- 1a. Presencia de domacios en el envés de las hojas
 - 2a. Domacios leves en forma de bolsillos triangulares con abundantes pelos
 - 3a. Inflorescencia contraída y endocarpo leñoso
 - 4a. Frutos cilíndricos lustrosos, semillas dentadas a la mitad y fimbriado en la otra mitad, 5.08 - 9.21 x 1.73 - 4.88 mm..... *C. lancifolia*
 - 4b. Frutos subcilíndricos o subglobosos opacos, semillas fuertemente fimbriados, 4.57 - 6.69 x 1.64 - 2.59 mm..... *C. mutisii*
 - 3b. Inflorescencia laxa y endocarpo cartáceo, semillas fimbriadas, 5.00 - 7.45 x 1.94 - 3.97 mm *C. capuli*
 - 2b. Domacios remarcados en forma hoyos con escasos pelos en los márgenes, inflorescencias aglomeradas, fruto cilíndricos lustrosos, endocarpo leñoso, semillas con márgenes enteros, 4.35-6.69 x 2.91-4.5 mm..... *C. officinalis*
- 1b. Ausencia de domacios en el envés de las hojas
 - 5a. Inflorescencia contraída, frutos subglobosos opacos, semillas fimbriadas, 4.5-9 x 1.7-2.5 mm..... *C. scrobiculata*
 - 5b. Inflorescencia laxa, frutos subglobosos pubérulas, semillas dentado a la mitad y fimbriado en la otra mitad, 5.44-10.86 x 1.45-2.63 mm..... *C. nitida*

Comparación descriptiva de los caracteres morfológicos cualitativos de seis especies de *Cinchona*:

Cinchona capuli presenta hojas membranáceas, a diferencia de *C. officinalis* y *C. lancifolia* que presentan hojas coriáceas como el café. El tipo de inflorescencia para *C. capuli* es laxa, en cambio para *C. officinalis* y *C. lancifolia* son contraídas. La consistencia del endocarpo para *C. capuli* es cartáceo; mientras que, para las otras dos es leñosa. Con una observación más detallada en el laboratorio de las tres especies, se distinguió más caracteres. Por ejemplo, el indumento de las hojas maduras de *C. capuli* es glabro en el haz y esparcidamente pubérulo en el envés, pero más notorio a nivel de las venas primarias y secundarias; mientras que, *C. officinalis* y *C. lancifolia* es glabro en el haz y algunas veces con ligeros pelos en la venas del envés. El domacio estuvo presente en las tres especies, pero se diferenciaban por su forma. En *C. capuli* y *C. lancifolia* se observó una depresión leve con un penacho de pelos; y en *C. officinalis*, un hoyo bien remarcado con algunos pelos cortos sobre los márgenes del hueco.

En relación con el indumento del fruto, se observó que las tres especies presentan frutos glabros. El margen de la semilla es diferente en cada especie, para *Cinchona*

capuli es fimbriado, con dos particiones a nivel de la base; y en *C. lancifolia* es fimbriado en la base, pero dentado en el ápice; y *C. officinalis* es entero en todo el margen.

Cinchona scrobiculata posee porte arbóreo no mayor a 12 m con hojas muy grandes; *C. mutisii*, arbóreo no mayor a 6 m con hojas diminutas; y *C. nitida*, porte arbóreo o arbustivo no mayor a 9 m con hojas muy brillosas en el haz y esparcidamente pubérulo en el envés. La forma de las hojas de *C. scrobiculata* y *C. nitida* es definidamente elíptica; mientras que, *C. mutisii* es de forma obovada y son más pequeñas que las otras dos especies. La consistencia de las hojas de *C. mutisii* y *C. scrobiculata* es membranácea; en cambio *C. nitida* es coriácea. La consistencia del endocarpo para *C. scrobiculata* y *C. nitida* es cartáceo; mientras que para *C. mutisii* es leñoso. El tipo de inflorescencia de *C. nitida* es laxa, a diferencia de las otras dos que son contraídas.

Con una observación más detallada en laboratorio, se observó que el indumento de las hojas de *Cinchona nitida* es glabro en el haz, excepto a nivel de venas y pubérulo en el envés, de *C. scrobiculata* es glabro en el haz y envés; y de *C. mutisii* es glabro en el haz y en el envés, se observaron pelos hirtelos a nivel de venas. El margen de la semilla para *C. scrobiculata* y *C. nitida* es ligeramente fimbriada por uno a ambos extremos, con la diferencia que la segunda es más grande en tamaño promedio. Y el margen de la semilla de *C. mutisii* es pronunciadamente fimbriada a lo largo de todo el borde. El indumento del fruto de *Cinchona nitida* es notoriamente pubérulo; en cambio, *C. scrobiculata* y *C. mutisii* presentan cápsulas opacas sin pubescencia. En la Tabla 8 se describe los caracteres morfológicos y en la Figura 7 se muestra los tipos de inflorescencia de las seis especies de *Cinchona*.

Tabla 8. Comparación de caracteres morfológicos estudiados para seis especies de *Cinchona* en los Andes del centro y norte de Perú

Carácter morfológico	<i>C. capuli</i>	<i>C. nitida</i>	<i>C. lancifolia</i>	<i>C. mutisii</i>	<i>C. scrobiculata</i>	<i>C. officinalis</i>
Porte	Arbóreo o arbustivo < 18 m	Arbóreo o arbustivo < 9m	Arbóreo < 15 m	Arbóreo < 6 m	Arbóreo < 12 m	Arbóreo o arbustivo < 6 m
Forma del domacio	Depresión leve con penachos de pelos	No presenta	Depresión leve con penachos de pelos	Depresión leve con penachos de pelos	No presenta	Hoyos remarcados con algunos pelos sobre los márgenes
Forma de hojas	Elíptica con base y ápice agudo u obtuso	Elíptica con base y ápice obtuso	Obovada / lanceolada con base y ápice agudo	Obovada con base y ápice obtuso	Elíptica con base obtuso y ápice agudo	Elíptica con base y ápice agudo
Consistencia de la hoja	Membranácea	Coriácea	Coriácea	Membranácea	Membranácea	Coriácea
Indumento de la hoja	Haz glabro y mate. Envés esparcidamente pubérulo, pero más denso a nivel de venas.	Haz glabro y lustroso, excepto en las venas. Envés esparcidamente pubérulo, pero más denso a nivel de venas.	Haz glabro y lustroso. Envés glabro, pero con ligeros pelos en las venas primarias y secundarias	Haz glabro y lustroso. Envés esparcidamente hirtelo, pero más denso a nivel de venas	Haz glabro y mate. Envés pubérulo, pero más notorio a nivel de venas	Haz glabro y lustroso. Envés glabro, a veces con pelos dispersos a nivel de la vena principal
Forma y disposición de coléteres	Cónicas dispuestas en más de tres capas	Pelos alargados dispuestos en varias capas	Cilíndricas dispuestas entre dos y tres capas	Dentado dispuesta en una o dos capas, generalmente muy escasos	Cilíndricas dispuestas entre dos y tres capas	Cónicas dispuestas en más de tres capas
Tipo de inflorescencia	Laxas	Laxas	Contraídas	Contraídas	Contraídas	Contraídas
Márgenes de la semilla	Fimbriado	Dentado a la mitad y fimbriado en la otra mitad	Dentado a la mitad y fimbriado en la otra mitad	Fuertemente fimbriado	Fimbriado	Entero
Consistencia del endocarpio	Cartáceo	Cartáceo	Leñoso	Leñoso	Cartáceo	Leñoso
Indumento del fruto	Glabro opaco	Pubérulo	Glabro lustroso	Glabro opaco	Glabro opaco	Glabro lustroso
Forma del fruto	Subglobosa	Subglobosa	Cilíndrica	Subglobosa	Subglobosa	Cilíndrica

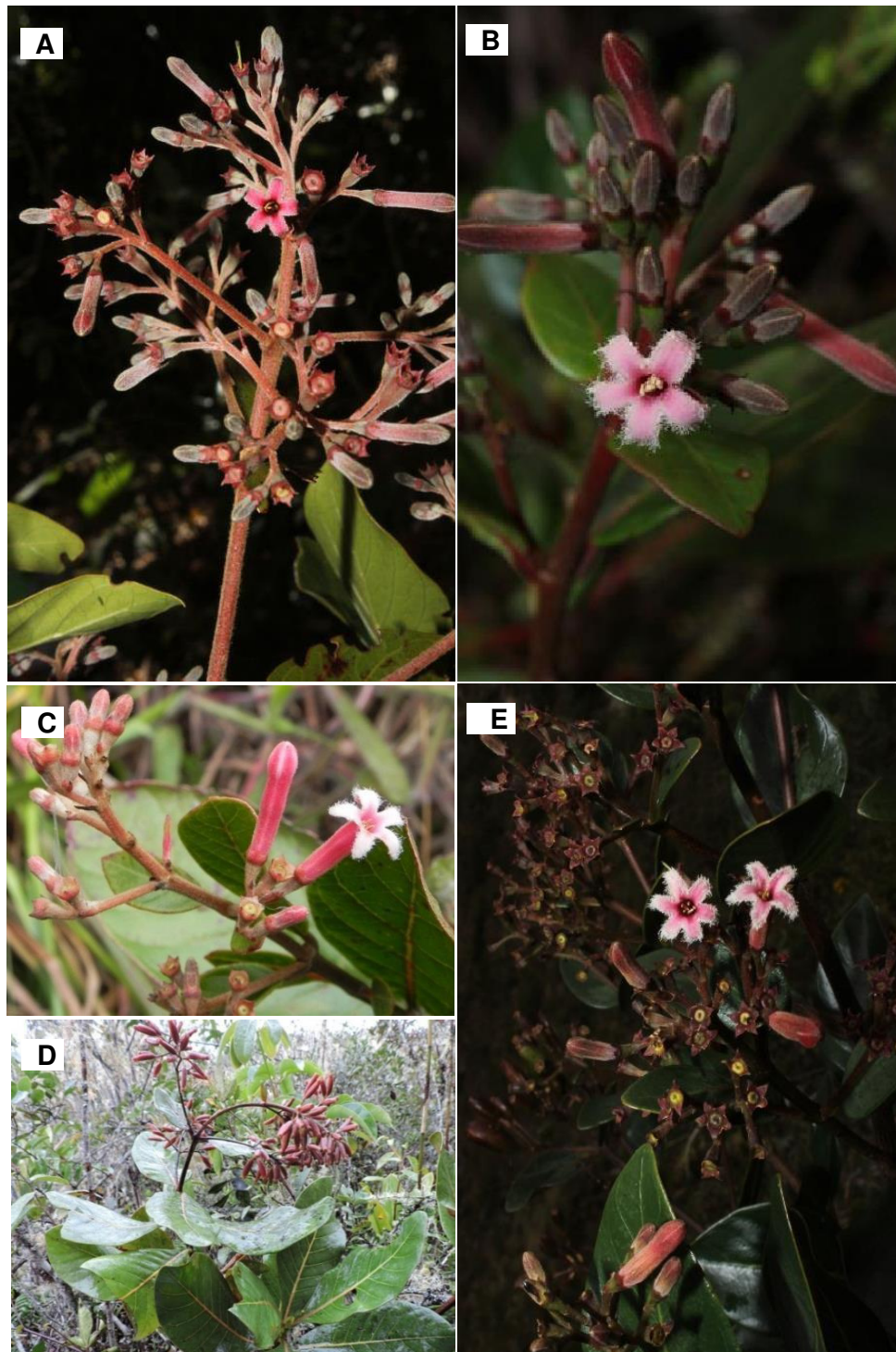


Figura 7. A) Inflorescencia laxa de *Cinchona capuli*, B) Inflorescencia contraída de *C. lancifolia*, C) Inflorescencia laxa de *C. nitida*, D) Infrutescencias de *C. scrobiculata* y E) Inflorescencia contraída de *C. officinalis*.

En la Figura 8, las especies de *Cinchona capuli* y *C. officinalis* poseen capas multiestratificadas de coléteres de forma cónica; *C. lancifolia* y *C. scrobiculata* poseen entre dos a tres capas de coléteres cilíndricos. *C. nitida* posee una capa multiestratificada de coléteres en forma de pelos alargados. *C. mutisii* posee dos capas de coléteres dentados y generalmente son muy escasos.

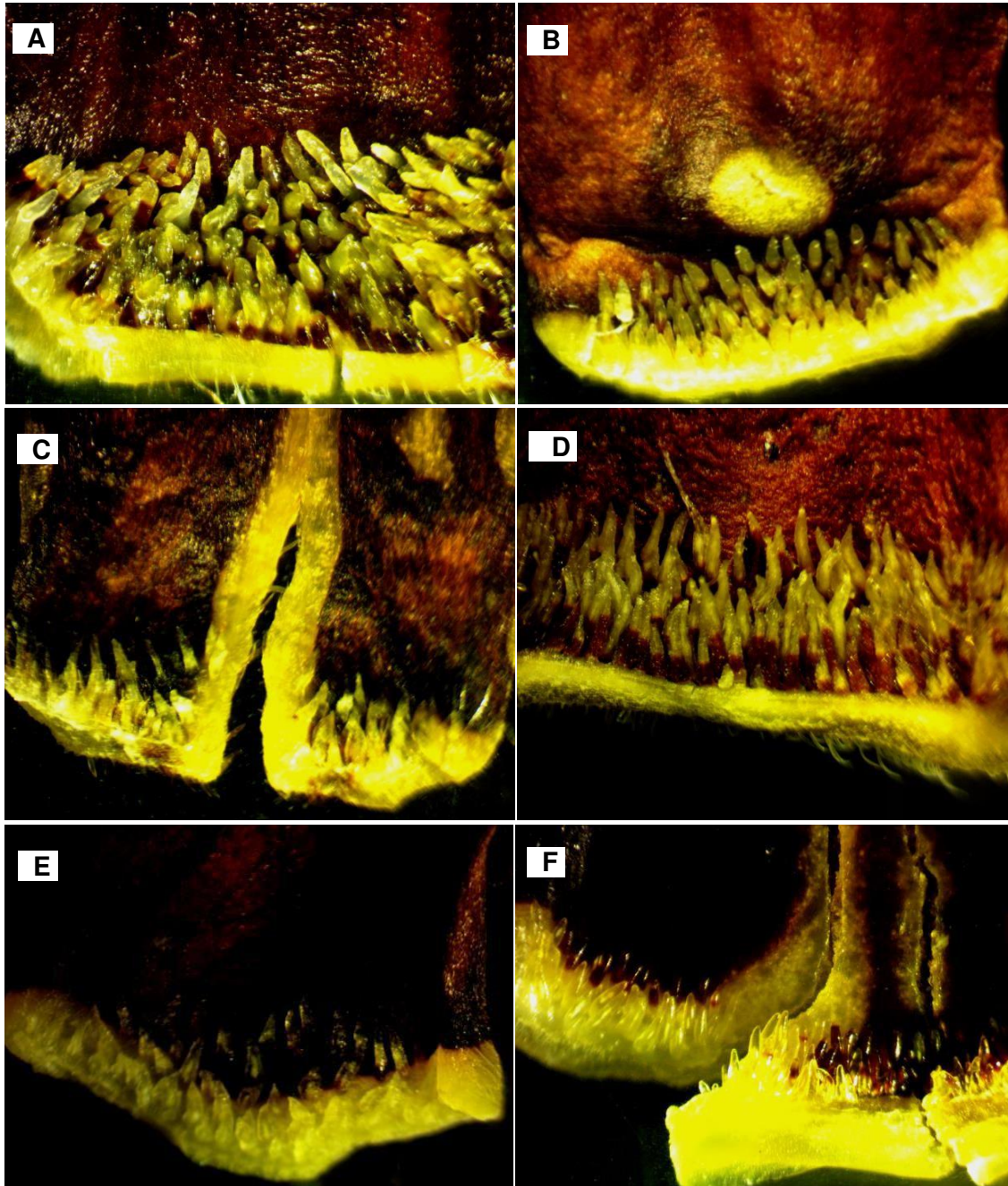


Figura 8. Estipulas y disposición de filarias de las seis especies: A) *Cinchona capuli*; B) *C. lancifolia*; C) *C. mutisii*; D) *C. nitida*; E) *C. officinalis* y F) *C. scrobiculata*.

Comparación descriptiva de los caracteres morfológicos cuantitativos de seis especies de *Cinchona*:

En relación con el tamaño de la hoja madura, *Cinchona mutissii* tiene hojas más pequeñas de forma obovada (2.7-5 cm x 1.5-2.6 cm), seguido de *C. officinalis* con hojas de forma ovolanceolada (4.8-7.7 cm x 2.5-6 cm). Mientras que, *C. scrobiculata* presenta hojas elípticas más grandes (13.5-27 cm x 6.4-15.4 cm), seguido de *C. nitida* con hojas de tamaño 11-19.5 cm x 5-10.6 cm. Las hojas de *C. capuli* y *C. lancifolia* son de tamaño intermedio (6.2-21 cm x 3.7-12.8 cm y 7-11 cm x 3.5-5.9 cm respectivamente), con la diferencia que el primero presenta forma ovolanceolada y el segundo generalmente es más lanceolada (Tabla 9). De acuerdo con el número de pares de venas, *C. scrobiculata* posee mayor número de pares de venas (10 a 11 pares) y *C. officinalis* con menor número de pares de venas (5 a 6 pares) (Tabla 9).

La longitud del peciolo de *Cinchona mutissii* y *C. capuli* son los más largos (1.98 ± 0.54 cm y 1.65 ± 0.54 cm), a comparación de *C. scrobiculata* y *C. officinalis* que son los más cortos (0.61 ± 0.51 cm y 0.07 ± 0.33 cm). El tamaño de la estípula de *C. scrobiculata* es la más grande (2-2.9 mm x 0.7-0.8 mm) y la más pequeña es de *C. mutissii* (0.5-0.8 mm x 0.5-0.8 mm) (Tabla 9).

En relación con los frutos cerrados, se observó que *Cinchona lancifolia* y *C. officinalis* tienen cápsulas cilíndricas globosas (20.6-36.8 mm x 8.9-14 mm y 27.6-38.5 mm x 12.1-15.3 mm respectivamente), uno más largo que el otro; *C. nitida* tiene cápsulas más delgadas y pubescentes (32.1-39.4 mm x 5.9-9.1 mm); y *C. mutissii* tiene cápsulas más pequeñas (18.6-25.9 mm x 5.3-6.9 mm). Las cápsulas de *C. capuli* presentaron un rango muy amplio (7-43.9 mm x 4-15.3 mm) debido a que la selección de capsulas provienen de distintas poblaciones de diferentes localidades (Tabla 9).

Con respecto al tamaño de las semillas maduras (con presencia de embrión), *Cinchona mutissii* presenta la semilla más pequeña (4.57-6.69 mm x 1.64-2.59 mm), seguido de *C. officinalis* con la semilla redonda de borde dentado (4.35-6.89 mm x 2.91-4.5 x 1.94-3.97 mm), *C. capuli* con la semilla fimbriada a lo largo del ápice agudo (5.00-7.45 mm x 1.94-3.97 mm). Las semillas de *C. nitida* son las más largas (5.44-10.86 mm x 1.45-2.63 mm) seguido de *C. lancifolia* con semillas de borde dentado en el ápice y fimbriado en la base (5.08-9.21 mm x 1.73-4.88 mm) y *C. scrobiculata* con semillas fimbriadas con extensiones en ambos extremos (4.5-9 mm x 1.7-2.5 mm) (Tabla 9 y Figura 9). En el Anexo 3 se muestra las pruebas de Krustall-Wallis para evaluar las diferencias significativas.

Tabla 9. Comparación de caracteres morfológicos cuantitativos para seis especies de *Cinchona* en los Andes del centro y norte de Perú

Carácter cuantitativo		<i>C. capuli</i>	<i>C. nitida</i>	<i>C. lancifolia</i>	<i>C. mutisii</i>	<i>C. scrobiculata</i>	<i>C. officinalis</i>	p-valor
Hojas (cm)	Largo	10.36±2.37 (6.2-21)	14.31±2.54 (11-19.5)	9.2±1.04 (7-11)	3.5±0.79 (2.7-5)	18.84±4.15 (13.5-27)	6.36±0.89 (4.8-7.7)	**
	Ancho	5.74±1.45 (3.7-12.8)	6.94±1.65 (5-10.6)	4.43±0.72 (3.5-5.9)	2.08±0.32 (1.5-2.6)	9.66±2.19 (6.4-15.4)	3.87±0.98 (2.5-6)	**
	Nº pares de venas	6-7	8-9	6-8	5-6	10-11	5-6	-
Pecíolo (cm)	Largo	1.65±0.54 (0.9-3.5)	0.95±1.16 (0.5-1.3)	1.46±0.38 (1-2)	1.98±0.93 (0.6-3.2)	0.61±0.51 (0.2-2)	0.7±0.33 (0.7-2.1)	**
Estípula (mm)	Largo	1.41±0.38* (0.9-2.5)	1.75±0.37* (1.2-2.3)	1.32±0.47 (0.9-1.9)	0.65±0.21 (0.5-0.8)	2.43±0.37 (2-2.9)	1.55±0.07 (1.5-1.6)	**
	Ancho	0.62±0.17 (0.3-1.2)	0.81±0.2 (0.5-1)	0.63±0.10 (0.5-0.8)	0.33±0.21 (0.3-0.35)	0.65±0.06 (0.7-0.8)	0.53±0.04 (0.5-0.55)	**
Fruto (mm)	Largo	21.1±0.83 (7-43.9)	35.5±0.2 (32.1-39.4)	32.1±0.44 (20.6-36.8)	21.4±0.25 (18.6-25.9)	13.7±0.30 (0.9-2.3)	32.7±0.31 (27.6-38.5)	**
	Ancho	7.38±0.27 (4-15.3)	7.4±0.1 (5.9-9.1)	11.5±0.2 (8.9-14)	5.9±0.57 (5.3-6.9)	0.46±0.10 (0.3-0.6)	13.7±0.08 (12.1-15.3)	**
Semillas (mm)	Largo	5.89±0.58 (5.00-7.45)	7.68±1.07 (5.44-10.86)	7.3±1.08 (5.08-9.21)	5.38±0.50 (4.57-6.69)	6.28±1.16 (4.5-9)*	5.26±0.78 (4.35-6.89)	**
	Ancho	2.97±0.41 (1.94-3.97)	2.03±0.28 (1.45-2.63)	3.26±0.63 (1.73-4.88)	2.12±0.28 (1.64-2.59)	2.11±0.17 (1.7-2.5)	3.45±0.51 (2.91-4.5)	**

(**) Existe diferencias significativas entre las seis especies en cuanto al carácter morfométrico medido (p-valor < 0.05, prueba de Kruskal-Wallis), (-) no se realizó prueba estadística.

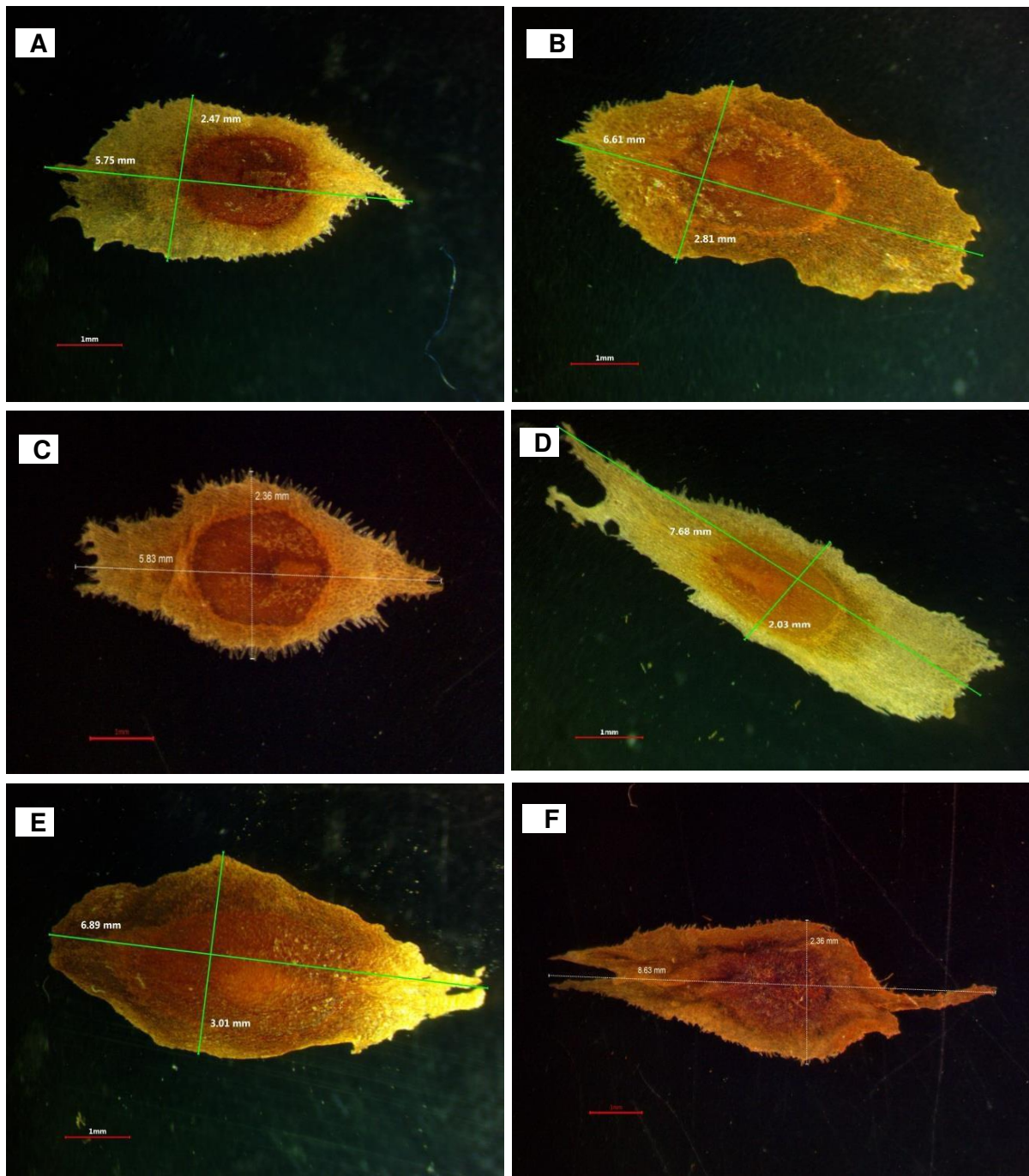


Figura 9. Semillas maduras de las seis especies A) *Cinchona capuli*; B) *C. lancifolia*; C) *C. mutisii*; D) *C. nitida*; E) *C. officinalis* y F) *C. scrobiculata*.

7.2. Evaluación del estado de conservación de las seis especies de *Cinchona*

Para la evaluación del estado de conservación se determinó los valores de los criterios: distribución geográfica, confinamiento (área de ocupación), tamaño poblacional, intensidad de amenazas antrópicas, presencia o ausencia de uso actual y protección. A continuación, se detalla los resultados de los valores de cada criterio:

7.2.1. Distribución geográfica de las seis especies de *Cinchona*

Las especies *Cinchona capuli*, *C. lancifolia*, *C. mutisii* y *C. officinalis* amplían su distribución para el norte de Perú; mientras que, *C. nitida* corresponde a una especie endémica para Perú; y *C. scrobiculata* se distribuye en una localidad de Ecuador y una localidad de Cajamarca en Perú. Cabe precisar que, la presencia de todas las especies, excepto *C. lancifolia*, fueron reportadas previamente en el Perú por Albán (2013). Sin embargo, las distribuciones departamentales dentro del Perú han sido actualizadas tras una revisión de ejemplares depositados en herbarios y colectas realizadas durante el 2017 y 2019 (Tabla 10).

Tabla 10. Distribución a escala mundial y nacional de seis especies de *Cinchona* en los Andes del centro y norte de Perú

Especie	Distribución geográfica	
	Mundial	Nacional
<i>Cinchona capuli</i> L. Andersson	Ecuador, Perú	Piura
<i>Cinchona lancifolia</i> Mutis	Ecuador, Colombia, Perú, Venezuela	Piura
<i>Cinchona mutisii</i> Lamb.	Ecuador, Perú	Amazonas
<i>Cinchona nitida</i> Ruiz & Pav.	Perú	Junín, Huánuco
<i>Cinchona officinalis</i> L.	Ecuador, Perú	Piura
<i>Cinchona scrobiculata</i> Bonpl.	Ecuador, Perú	Cajamarca

De las seis especies de *Cinchona* consideradas en el presente estudio, la especie con mayor número de registros totales fue *Cinchona lancifolia* (28.3%), seguido de *C. capuli* (24.8%) y *C. officinalis* (20.4%). En contraste, las especies con el menor número de registros fueron *C. mutisii* (11.5%), *C. scrobiculata* (5.3%) y *C. nitida* (9.7), siendo ésta última endémica para Perú (Tabla 11).

En cuanto al número de registros obtenidos en el Perú, *Cinchona capuli* fue la especie con mayor número de registros (29.2%), seguido de *Cinchona nitida* (22.9%). Los registros de las demás especies (*C. mutisii*, *C. lancifolia*, *C. officinalis* y *C. scrobiculata*) varió entre el 10.4% y 16.7% del total de registros (Tabla 11).

En la misma Tabla 11 se muestra que, en el Perú, la mayoría de los reportes (12) de *Cinchona capuli* provienen de colectas de campo realizadas desde el año 2014 hasta el 2019 en ocho localidades (Cerro Yantuma, Cerro Aypate, Molinos de Sangulí, Anexo El Toldo, Anexo Espíndola, Bosque de Cuyas Cuchayo, Quebrada Llanchurán, poblado de Luplun) de la provincia de Ayabaca. A base de estos nuevos reportes se soporta lo afirmado por Albán (2013) con relación a que la especie amplía su distribución de Ecuador hasta el norte de Perú. Los reportes ya existentes fueron obtenidos a base de la revisión de herbarios, los cuales pertenecieron a colectas realizadas por Hodge en la montaña de Huamba en el año 1943; y por Gentry y colaboradores en el cerro Aypate en el año 1991, ambos pertenecientes a la provincia de Ayabaca. Se excluyeron dos reportes que no correspondieron a la especie, los cuales correspondieron a Valenzuela y Vásquez, ambos colectados en el año 2006, citados en Trópicos (<http://www.tropicos.org/Name/27913000?tab=specimens>). Y los registros restantes fueron obtenidos a base de los trabajos de campo realizados durante el 2014 y 2019.

En relación con los reportes de *Cinchona lancifolia*, cuatro fueron obtenidos a partir de herbarios nacionales (MOL, USM y UNC) y cuatro de colectas de campo (Tabla 11). Los cuatro reportes de herbario correspondieron a colectas realizadas por Quinteros en Tayapampa en el año 2007; por Sánchez y Córdova en el Bosque de Mijal en el año 2003; por Córdova en la misma localidad en el año 200; y por Meza y Meléndez en Chalaco en el año 1988. Los otros cuatro registros fueron obtenidos a partir de colectas de campo realizadas durante los años 2017 y 2018 cerca del poblado de Cataluco (distrito de Huancabamba, provincia de Huancabamba), poblado de Salalá (distrito de El Carmen de la Frontera, provincia de Huancabamba) y Bosque de Mijal (distrito de Chalaco, provincia de Morropón). En todos los casos, la identificación de *C. lancifolia* fue asignada recientemente a partir de una revisión de ejemplares del género; y ello ha permitido afirmar que se trata de nuevos reportes para Perú. Este resultado corrobora la ampliación de su distribución en el Perú, pues anteriormente fue reportada en otros países del Neotrópico como Colombia, Venezuela y Ecuador (publicación en preparación con Albán *et al.* 2020).

Por otro lado, todos los reportes de *Cinchona mutisii* en el Perú provienen de colectas de campo y pertenecen a la localidad de Abra Patricia, camino a La Antena, provincia de Bongará, departamento de Amazonas (Tabla 11). Cada reporte fue registrado en distintos momentos entre el año 2014 y 2019 (publicación en preparación con Albán *et al.* 2020).

Los cinco registros de *Cinchona officinalis* fueron obtenidos a partir de colectas de campo realizadas en el 2017, en dos localidades de la provincia de Huancabamba (Tabla 11). Dos registros fueron reportados entre la carretera Huancabamba-Cruz Chiquita, distrito de Sándor, provincia de Huancabamba y tres cerca del centro poblado de Shilcaya, distrito de Sándor, provincia de Huancabamba (Huamán *et al.*, 2019).

Respecto a la cantidad de reportes de *Cinchona scrobiculata* en Perú, se observó que tres de ellos provienen de herbarios nacionales y dos de colectas de campo (Tabla 11). De los tres reportes de herbario, dos correspondieron a colectas realizadas por José Campos en el poblado de Camaná en el año 1997; y uno a la colecta de Rodolfo Vásquez en el poblado La Estrella del Oriente "Cerro del Oso" en el año 2000. Todos ellos ubicados en el distrito de San José de Lourdes, provincia de Cajamarca. Las colectas de campo realizadas el año 2018 también fueron reportadas en el distrito de San José de Lourdes y se evaluaron sus poblaciones cerca de aquellos centro poblados.

Tabla 11. Número de registros de seis especies de *Cinchona*

Especie	N° Registros		N° Registros totales
	En otro países fuera de Perú	En el Perú	
<i>Cinchona capuli</i> L. Andersson	14	14	28
<i>Cinchona lancifolia</i> Mutis	24	8	32
<i>Cinchona mutisii</i> Lamb.	8	5	13
<i>Cinchona nitida</i> Ruiz & Pav.	0	11	11
<i>Cinchona officinalis</i> L.	18	5	23
<i>Cinchona scrobiculata</i> Bonpl.	1	5	6

Los 11 reportes de *Cinchona nitida* fueron registrados en Perú según Albán (2013), de los cuales cuatro provienen de herbarios nacionales, siendo una de ellas la colecta más antigua perteneciente a Ruiz y Pavón en el año 1778 (Tabla 12). Los siete reportes restantes fueron obtenidos a partir de colectas de campo realizados desde el 2014 hasta 2017 y todas ellas se encontraron en la localidad de Malalma, Km 71 de la carretera de San Ramón a Tarma, provincia de San Ramón, departamento de Junín. El resultado de estos siete reportes ha permitido confirmar su presencia actual en la misma localidad (Malalma) y a la vez conocer su población.

Tabla 12. Datos de colecta de la especie endémica *Cinchona nitida* en los Andes del centro Perú

Colector	Herbario	Año	Localidad	Provincia
Ruiz y Pavón	USM	1778	Cuchero	San Ramón
Ferreyra	MOL	1948	Entre Tarma y San Ramón	San Ramón
Ferreyra	USM	1946	Entre Tarma y San Ramón	San Ramón
Hodge	MO	1945	Por carretera entre Palca y San Ramón	San Ramón

A partir de la información de las etiquetas de muestras de herbarios nacionales e internacionales y las colectas de campo realizadas durante el 2017 y 2019, se obtuvo que, en el Neotrópico, *Cinchona capuli* fue registrada entre 1100 y 2790 m.s.n.m, *C. lancifolia* entre 2000 y 3212 m.s.n.m., *C. mutisii* entre 1859 y 2850 m.s.n.m., *C. officinalis* entre 1400 y 3300 m.s.n.m. y *C. scrobiculata* entre 1600 y 2250 m.s.n.m (Figura 10).

En el Perú, *Cinchona capuli* fue registrada entre 2100 y 2780 m.s.n.m en la provincia de Ayabaca, departamento de Piura; *C. lancifolia* entre 2450 y 3212 m.s.n.m. en la provincia de Huancabamba y Morropón, ambos en el departamento de Piura; *C. mutisii* entre 1859 y 2379 m.s.n.m. en la provincia de Bongará, departamento de Amazonas, *C. officinalis* entre 2400 y 2800 m.s.n.m. en la provincia de Huancabamba, departamento de Piura; *C. nitida* entre 1800 a 2400 m.s.n.m. en la provincia de Junín, departamento de Junín; y *C. scrobiculata* entre 1730 y 2250 m.s.n.m. en la provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca.

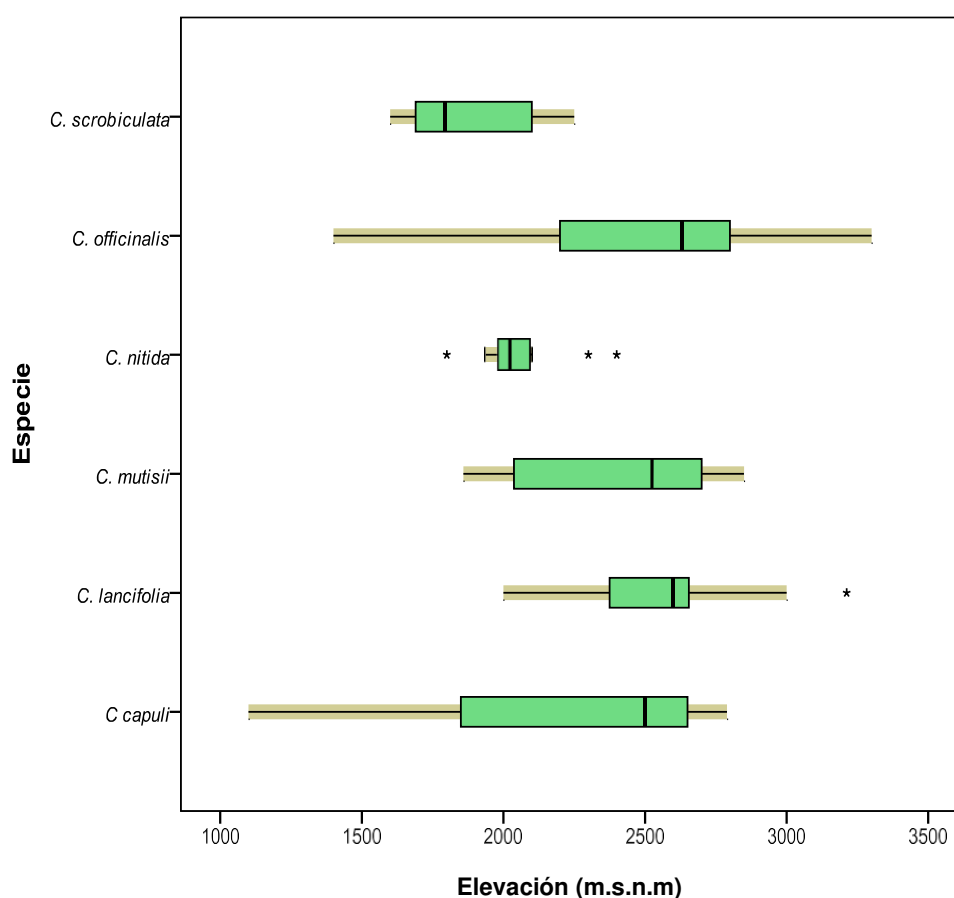


Figura 10. Rango altitudinal por especie indicando los cuartiles (altitudes mayores y menores) y la media (altitud promedio), (*): registros outliers o registros excepcionales

Luego de la obtención de registros de ocurrencia de las seis especies de *Cinchona*, se determinaron los valores del criterio de distribución geográfica para la categorización de las especies (Tabla 13).

Tabla 13. Valores del criterio de distribución geográfica de seis especies de *Cinchona* en los Andes del norte y centro de Perú

Especie	N° de registros de ocurrencia	Valor
<i>Cinchona capuli</i> L. Andersson	14 registros en varias localidades de la provincia de Ayabaca	4
<i>Cinchona lancifolia</i> Mutis	8 registros en varias localidades de la provincia de Morropón y Huancabamba	3
<i>Cinchona mutisii</i> Lamb.	5 registros en la localidad de Abra Patricia de la provincia de Bongará	5
<i>Cinchona nitida</i> Ruiz & Pav.	7 registros en dos localidades de la provincia de San Ramón	4
<i>Cinchona officinalis</i> L.	5 registros en la localidad de Cruz Chiquita de la provincia de Huancabamba	5
<i>Cinchona scrobiculata</i> Bonpl.	5 registros en dos localidades de la provincia de San Ignacio	4

7.2.2. Confinamiento de las seis especies de *Cinchona*

A escala mundial, las especies con mayor valor de Área de Ocupación (AOO en adelante) fueron *Cinchona lancifolia*, *C. capuli* y *C. officinalis*, ya que presentaron mayor número de registros. Mientras que, las especies con menor valor de AOO fueron *Cinchona mutisii*, *C. nitida* y *C. scrobiculata* porque presentaron pocos registros. Los valores de AOO de las especies se muestran en la Tabla 14.

A escala nacional, el AOO para *Cinchona capuli* es de 56 km² y *C. lancifolia* es de 28 km² (Tabla 14), debido a que las poblaciones de ambas especies fueron encontradas en más de dos localidades del Perú. Los valores de AOO de *C. officinalis*, *C. scrobiculata*, *C. mutisii* y *C. nitida* fueron menores (16 km², 20 km², 12 km² y 12 km² respectivamente), debido a que sus poblaciones fueron encontradas en una o dos localidades focalizadas dentro de una provincia.

Las poblaciones de *Cinchona officinalis* ubicadas a ambos lados de la carretera Huancabamba-Cruz Chiquita fueron parcialmente quemadas durante el año 2017. Las poblaciones de *Cinchona scrobiculata* ubicados en la localidad de San José de Lourdes fueron parcialmente quemados en el año 2018. Se infiere que la causa de la deforestación de las poblaciones de ambas especies fue la ampliación de la frontera agrícola y el crecimiento urbano. Las poblaciones de *Cinchona mutisii* y *Cinchona nitida* estuvieron restringidas por condiciones fisiográficas, ya que se ubican sobre laderas rocosas con pendiente mayor a 45°. La diferencia entre ambos radica en que las poblaciones de *C. mutisii* se encontraron dentro de un área de conservación privada (Abra Patricia), permitiendo así su permanencia a futuro.

Por otro lado, el valor de extensión de ocurrencia (EOO en adelante) de *Cinchona lancifolia* a nivel global fue el mayor de todas (257 673 km²) porque hubo registros en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Los valores de EOO de *C. capuli* y *C. officinalis* también le siguen (32 743.7 y 11 166.6 km²) (Tabla 14), debido a que se registraron en varias localidades del sur de Ecuador y norte de Perú. En cambio, los valores de EOO de *C. mutisii* y *C. scrobiculata* fueron bajos porque hay pocos registros tanto en Perú como en Ecuador; a pesar de realizar una búsqueda intensiva en los herbarios y en varias localidades del norte de Perú. Lo mismo ocurrió con *C. nitida* (3.3 km²) ya que es considerada endémica para el Perú.

En el Perú, se obtuvo la misma tendencia para *Cinchona lancifolia* y *C. capuli*, pues los valores de EOO fueron los más altos (295.8 y 265.5 km²), debido a la cantidad de reportes en más de cuatro localidades. Mientras que, los valores de EOO de *C. mutisii*, *C. nitida*, *C. nitida*, *C. officinalis* y *C. scrobiculata* fueron muy bajos porque los registros estuvieron distribuidos más cerca; y solo en este caso los valores de EOO fueron igual a los valores que el AOO (Tabla 14).

Tabla 14. Área de ocupación y extensión de ocurrencia a escala mundial y nacional de seis especies de *Cinchona* en los Andes del centro y norte de Perú

Especie	Área de Ocupación (Km ²)		Extensión de Ocurrencia (Km ²)		Categoría ^b
	Mundial	Nacional	Mundial	Nacional	
<i>Cinchona capuli</i> L. Andersson	104	56	32 743.7	265.5	NT
<i>Cinchona lancifolia</i> Mutis	124	28	257 673	295.8	LC
<i>Cinchona mutisii</i> Lamb.	36	12	5 285.3	12 ^a	EN
<i>Cinchona nitida</i> Ruiz & Pav.	12	12	3.3	12 ^a	CR
<i>Cinchona officinalis</i> L.	72	16	11 166.6	16 ^a	VU
<i>Cinchona scrobiculata</i> Bonpl.	24	20	295.9	20	EN

^a Se consideró el valor del AOO, pues el valor EOO fue menor que AOO; ^b: Categorización según la IUCN a escala mundial; NT: Casi Amenazada, LC: Preocupación Menor, EN: En Peligro, CR: Peligro Crítico.

En la misma tabla anterior también se muestra la categoría de conservación a escala mundial considerando los valores de AOO y EOO como parte de los criterios de la IUCN (2017). Estos datos sirvieron como referencia para la evaluación del estado de conservación a escala nacional y también para comparar si los resultados actuales coinciden con las categorías ya existentes según la IUCN (versión 2, 2019). Y efectivamente, los resultados afirmaron que *Cinchona capuli* permanece como Casi Amenazada (NT) y *C. mutisii* permanece En Peligro (EN).

Cinchona officinalis L., tenía distribución restringida al sur de Ecuador, en la localidad de Loja, excluyendo su presencia en el territorio peruano. Pero, Albán (2013), demostró que esta especie cuenta con registros en el Perú. En la tabla anterior se observó que la especie se encuentra como Vulnerable (VU), ya que el valor de EOO fue menor a 20 000 km² y el AOO fue menor a 100 km² a escala mundial; pero en el Perú, los valores de AOO y EOO son aún más bajos y que además sus poblaciones están siendo amenazadas por la deforestación y el crecimiento urbano, por lo que se encontraría en una categoría de mayor amenaza.

Cinchona nitida Beth. es una especie que fue reportada cerca al pueblo Cuchero (Huánuco) por Ruíz & Pavón en 1778. Andersson (1998), tras una revisión del género *Cinchona*, elaboró una descripción botánica para esta especie y mencionó que hasta ese entonces la distribución y hábitat sólo era conocida para el departamento de Huánuco, específicamente en los bosques abiertos entre los 2000 y 3000 m.s.n.m. Sin embargo, Albán (2013) registró la especie cerca al puente Malalma (Junín), entre el Km 71 de la carretera que dirige de San Ramón a Tarma y se confirmó ello con una expedición realizada el 2017. Cabe precisar que, se realizaron expediciones en otras localidades de Junín y Pasco, específicamente en Florencia, Fundo Jénova, Bosque Puyusacha, San Alberto, Chacos, Bosque Sho'llet y Chontabamba en búsqueda de la especie, pero en todos esos lugares se hallaron a especies del género *Ladenbergia*, comúnmente confundida con *Cinchona*. De este modo, al haber reportes únicamente en las localidades de Malalma y Cuchero (Perú) hasta la actualidad; y que el valor de su EOO es menor a 100 km² y AOO menor a 10 km², la especie podría ser catalogada en Peligro Crítico (CR).

Cinchona scrobiculata Bonpl. es una especie que fue únicamente reportada en Zamora-Chinchipe (Ecuador) y Cajamarca (Perú); y los valores de EOO fueron menores a 5 000 km² y el AOO menor a 50 km². Este resultado permitiría catalogar a la especie En Peligro (EN), y más aún cuando sus poblaciones en Perú están siendo afectadas por quemadas para fines de ampliación agrícola. Luego de la obtención de los valores de AOO y EOO de las seis especies de *Cinchona*, se determinaron los valores del criterio de confinamiento para la categorización de las especies (Tabla 15).

Tabla 15. Valores del criterio de distribución geográfica de seis especies de *Cinchona* en los Andes del norte y centro de Perú

Especie	Criterio	Relación de AOO _n y AOO _m	Valor
<i>Cinchona capuli</i> L. Andersson	50% AOO _m < AOO _n	52 < 56	3
<i>Cinchona lancifolia</i> Mutis	AOO _n < 25% AOO _m	28 < 31	0
<i>Cinchona mutisii</i> Lamb.	25% AOO _m < AOO _n < 50% AOO _m	9 < 12 < 18	1
<i>Cinchona nitida</i> Ruiz & Pav.	AOO _n = AOO _m	12 = 12	2
<i>Cinchona officinalis</i> L.	25% AOO _m < AOO _n < 50% AOO _m	18 < 16 < 36	1
<i>Cinchona scrobiculata</i> Bonpl.	50% AOO _m < AOO _n	12 < 20	3

AOO_m: Área de ocupación mundial; AOO_n: Área de ocupación nacional

7.2.3. Tamaño poblacional de las cinco especies de *Cinchona*

La especie *Cinchona capuli* fue la más abundante con 399 individuos, seguido de *Cinchona lancifolia* con 212 individuos y *Cinchona mutisii* con 204 individuos. Mientras que, las especies *Cinchona nitida* y *Cinchona scrobiculata* fueron las que registraron menor número de individuos con 67 y 10 individuos respectivamente.

La cantidad de individuos por transecto registrados en las poblaciones de *Cinchona capuli* variaron entre 19 a 105 individuos. Los transectos T-01 y T-02 reportaron 70 y 105 individuos respectivamente, y lo característico fue que ambos estuvieron ubicados en laderas con pendiente mayor a 45°. La pendiente pudo haber sido un factor clave para evitar el desarrollo de actividades como la agricultura, ganadería, carreteras, entre otros; por lo que ambos lugares fueron considerados parches relictos con mayor número de individuos de *C. capuli*. El transecto T-06 registró 40 individuos y se caracteriza por encontrarse dentro de un área de conservación privada (Bosque de Cuyas), cuya pendiente es de 45°. Los transectos T-03, T-04 y T-05 registraron 28, 39 y 28 individuos respectivamente; todos ubicados en laderas con pendiente de 40° y cuya intervención era únicamente la cercanía a trochas estrechas. Los transectos T-09 y T-10 registraron 25 y 26 individuos respectivamente, ubicados en la reserva de atracción turística Cerro de Aypate con pendiente de 40°. Los transectos T-07 y T-08 registraron 18 y 19 individuos respectivamente, y se ubicaron cerca del área de conservación privada perteneciente a la comunidad de Samanga. En todos los transectos, excepto en T-02, T-03 y T-05, se ha evidenciado un mayor número de individuos adultos respecto a los juveniles y plántulas (Tabla 16 y Figura 11).

La cantidad de individuos por transecto registrado en las poblaciones de *Cinchona lancifolia* variaron entre 20 a 31 individuos. Los transectos T-11, T-12, T-13, T-14 y T-15 con 23, 31, 25 y 26 individuos respectivamente fueron evaluados en la localidad del centro poblado de Cataluco (provincia de Huancabamba), específicamente cerca de cultivos de Cedro y Eucalipto. Los transectos T-16, T-17 y T-18 con 28, 20 y 29 individuos respectivamente fueron registrados en el bosque de Mijal (provincia de Morropón) cerca de trochas y centros poblados. En la mayoría de los transectos se ha evidenciado un mayor número de individuos adultos respecto a los juveniles y plántulas (Tabla 16 y Figura 11). Se infiere que la población de la especie se mantiene debido a la regeneración por brotes a nivel de tallos, los cuales a su vez son cortados por los pobladores para tener libre tránsito por las trochas.

La cantidad de individuos por transecto registrado en las poblaciones de *Cinchona mutisii* variaron entre 63 a 74 individuos. Los tres transectos (T-19, T-20 y T-21) fueron ubicados en la localidad de La Antena (provincia de Bongará), cerca del área de conservación privada Abra Patricia, y presentaron mayor número de plántulas que juveniles y adultos. Las condiciones fisiográficas donde fueron evaluadas las subpoblaciones de la especie fueron muy peculiares, porque estuvieron sobre una ladera con pendiente de 60° y suelo muy pedregoso (Tabla 16 y Figura 11).

La cantidad de individuos por transecto registrado de *Cinchona nitida* varió entre 3 a 23 individuos. Los ocho transectos (T-22 hasta T-29) fueron instalados en la localidad de Malalma (provincia de Junín), y presentaron mayor número de individuos adultos respecto a los juveniles y plántulas. Cabe precisar que, las subpoblaciones de la especie fueron halladas sobre una ladera de 45° y que a una gradiente altitudinal de 2000 a 2100 m.s.n.m la cantidad de individuos fue notoriamente mayor (23 individuos) que a elevaciones menores (Tabla 16 y Figura 11). Durante las expediciones, no se observó el tránsito de personas sobre las trochas cercanas a las poblaciones de *Cinchona nitida*, pero según testimonios de guías locales, el área correspondería a un predio privado. Sin embargo, no está registrado como predio en el portal virtual del SICAR del Ministerio de Agricultura y Riego (<http://georural.minagri.gob.pe/sicar/#>).

La cantidad de individuos por transecto registrado de *Cinchona scrobiculata* varió entre 1 a 3 individuos, siendo la menor a comparación de las otras cinco especies. Se registró apenas 1 o 2 adultos por transecto (400 m²) y raramente plántulas y juveniles (Tabla 16 y Figura 11). Esto se debería a que las poblaciones fueron parcialmente quemadas según lo evidenciado en el año 2018; sin embargo, en años anteriores las poblaciones eran abundantes (Albán, comunicación personal).

No fue posible realizar la evaluación de la población de *Cinchona officinalis*, porque sus poblaciones fueron afectadas por la deforestación; sin embargo, se estimó que existía aproximadamente 200 individuos.

Tabla 16. Número de individuos por estadio de desarrollo y por transecto de seis especies de *Cinchona* en los Andes del norte y centro del Perú

Especie	Transecto	Uso de suelo/ actividades	Elevación (msnm)	Pendiente	Número de individuos totales	Número de adultos	Número de juveniles	Número de plántulas	Promedio del número de tallos	Rango de número de tallos
<i>Cinchona capuli</i>	T-01	Área sin intervención	2840	45°	70	51	14	5	1.46	1-8
	T-02	Área sin intervención	2630	50°	105	24	38	43	1.01	1-2
	T-03	Borde de camino y propiedad independiente	2620	40°	28	18	10	0	1.75	1-5
	T-04	Área poco intervenida por trochas	2545	40°	39	27	10	2	1.03	1-2
	T-05	Área poco intervenida por trochas	2442	40°	28	5	17	6	1.82	1-4
	T-06	Área de Conservación Privada	2502	45°	41	34	7	0	1.05	1-2
	T-07	Cerca del Área de Conservación de Samanga	2500	35°	18	14	4	0	1.67	1-4
	T-08	Cerca del Área de Conservación de Samanga	2320	30°	19	18	1	0	1.00	1-1
	T-09	Reserva turística	2440	40°	25	24	1	0	1.20	1-2
	T-10	Reserva turística	2445	40°	26	26	0	0	1.00	1-1
<i>Cinchona lancifolia</i>	T-11	Borde de camino y cerca de plantaciones de Pino y Eucalipto	2489	10°	23	19	1	3	2.22	1-3
	T-12	Borde de camino y cerca de plantaciones de Pino y Eucalipto	2760	10°	31	19	7	5	1.77	1-5
	T-13	Borde de camino y cerca de plantaciones de Pino y Eucalipto	2707	10°	25	19	3	3	1.52	1-2
	T-14	Borde de camino y cerca de plantaciones de Pino y Eucalipto	2663	10°	26	21	1	4	1.35	1-2
	T-15	Borde de camino y cerca de plantaciones de Pino y Eucalipto	2660	10°	30	22	2	6	1.50	1-3
	T-16	Área poco intervenida por trochas	2808	45°	28	25	2	1	1.57	1-3
	T-17	Área poco intervenida por trochas	2810	45°	20	19	1	0	1.60	1-3
	T-18	Área poco intervenida por trochas	2815	45°	29	22	4	3	1.28	1-3
	T-19	Área conservada por su poca accesibilidad	2290	60°	74	4	2	68	1.00	1-1

Especie	Transecto	Uso de suelo/ actividades	Elevación (msnm)	Pendiente	Número de individuos totales	Número de adultos	Número de juveniles	Número de plántulas	Promedio del número de tallos	Rango de número de tallos
<i>Cinchona mutisii</i>	T-20	Área conservada por su poca accesibilidad	2224	60°	63	4	5	54	1.00	1-1
	T-21	Área conservada por su poca accesibilidad	2074	60°	67	3	10	54	0.00	0-0
<i>Cinchona nitida</i>	T-22	Área poco intervenida por su poca accesibilidad	2010	45°	3	2	0	1	1.00	1-1
	T-23	Área poco intervenida por su poca accesibilidad	2020	45°	6	3	1	2	1.00	1-1
	T-24	Área poco intervenida por su poca accesibilidad	2027	45°	6	2	2	2	1.00	1-1
	T-25	Área poco intervenida por su poca accesibilidad	2080	45°	11	7	3	1	1.00	1-1
	T-26	Área poco intervenida por su poca accesibilidad	2100	45°	23	10	13	0	1.39	1-4
	T-27	Área poco intervenida por su poca accesibilidad	2170	45°	8	5	3	0	1.25	1-2
	T-28	Área poco intervenida por su poca accesibilidad	2185	45°	5	5	0	0	1.00	1-1
	T-29	Área poco intervenida por su poca accesibilidad	2200	45°	5	4	1	0	1.00	1-1
	T-30	Área intervenida por quema	1793	10°	3	2	0	1	1.00	1-1
<i>Cinchona scrobiculata</i>	T-31	Área intervenida por quema	1796	10°	2	1	1	0	1.00	1-1
	T-32	Área intervenida por quema	1792	10°	3	1	1	1	1.00	1-1
	T-33	Área intervenida por quema	1808	10°	1	1	0	0	1.00	1-1
	T-34	Área intervenida por quema	1824	10°	1	1	0	0	1.00	1-1

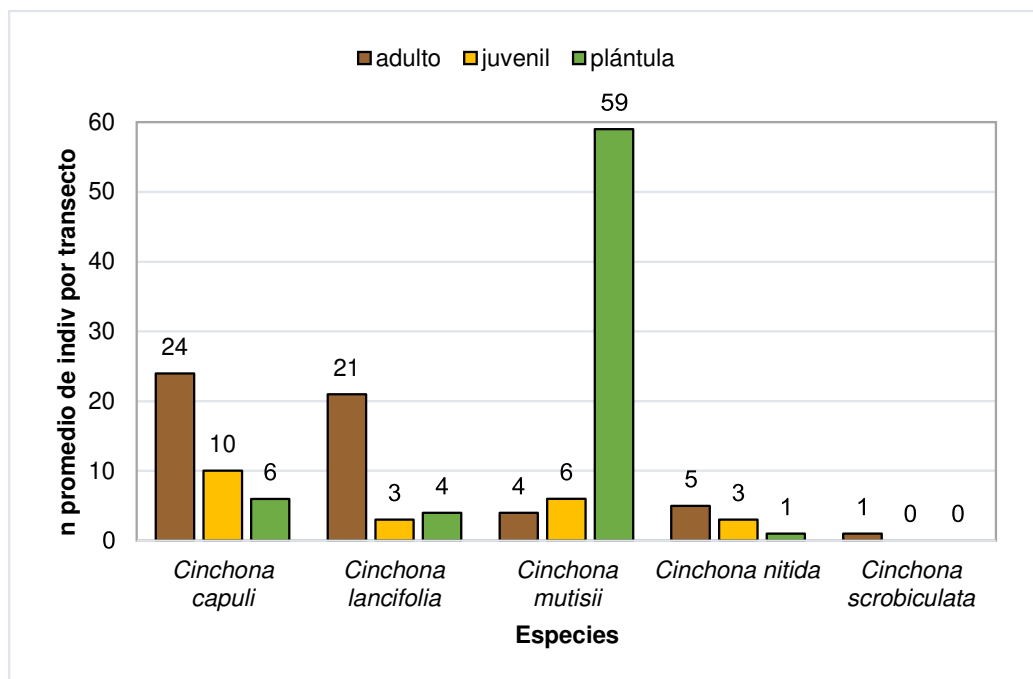


Figura 11. Proporción promedio de individuos por estadio de desarrollo de las seis especies de *Cinchona* en los Andes del centro y norte de Perú.

Por otro lado, a partir de la cantidad de individuos adultos registrados en los transectos de 400 m² de cada especie, se estimó la cantidad de individuos adultos por hectárea. Los resultados permitieron agruparlos en dos grupos: las poblaciones intermedias de *Cinchona capuli* y *Cinchona lancifolia*, y las poblaciones escasas de *Cinchona mutisii*, *Cinchona nitida* y *Cinchona scrobiculata*.

Tabla 17. Valores del criterio de tamaño poblacional de cinco especies de *Cinchona* en los Andes del centro y norte de Perú

Especie	ind. totales /ha	ind. adultos /ha	Población	Valor
<i>Cinchona capuli</i> L. Andersson	997,5	602,50	Intermedio	1
<i>Cinchona lancifolia</i> Mutis	662,5	518,75	Intermedio	1
<i>Cinchona mutisii</i> Lamb.	1775	91,67	Escaso	2
<i>Cinchona nitida</i> Ruiz & Pav.	1775	118,75	Escaso	2
<i>Cinchona scrobiculata</i> Bonpl.	50	30,00	Escaso	2

Basado en las observaciones de campo realizadas de manera rápida alrededor de los transectos, se registraron algunas especies circundantes cercanas a las poblaciones de *Cinchona*. Entre las especies registradas se tiene a : *Arcytophyllum thymifolium*, *Arcytophyllum filiforme*, *Condaminea corymbosa*, *Elaeagia utilis* y *Palicourea amethystina* (Rubiaceae) y *Blechnum glandulosum* (Blechnaceae), *Gaultheria reticulata*, *Macleania rupestris* (Ericaceae), *Bomarea densiflora* (Alstromeliaceae), *Fuchsia ayavacensis* (Onagraceae), *Weinmannia ayabacensis* (Cunoniaceae), *Oncidium* sp y *Epidendrum secundum* (Orchidaceae) (Figura 12).

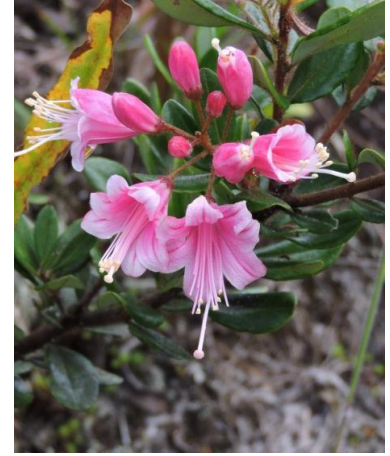
Además, se observó que las poblaciones de *Cinchona capuli* fueron encontradas en bosques tupidos con presencia de epífitos en las localidades de Cerro Yantuma, Luplun y Bosque de Cuyas Cuchayo, y también en bosques abiertos con escasa vegetación en las localidades del Anexo El Toldo, Anexo Espíndola y Quebrada Llancharán. Poblaciones de *Cinchona nitida* en bosques abiertos con abundante vegetación herbácea en la localidad de Malalma. Poblaciones de *Cinchona lancifolia* en parches boscosos que se encontraban entre la transición de bosques esclerófilo o enanos y bosques muy húmedos en la localidad de Cataluco (provincia de Huancabamba) y la otra en el bosque de Mijal (provincia de Morropón). Poblaciones de *Cinchona mutisii* en parches boscosos con vegetación esclerófila en la localidad de Abra Patricia (provincia de Bongará). Presencia de vientos fuertes. Poblaciones de *Cinchona scrobiculata* en bosques nubosos con abundancia de epífitos y musgos en la localidad de La Estrella (San José de Lourdes, Cajamarca). Y Poblaciones de *Cinchona officinalis* en parches de bosque abierto con abundante vegetación herbácea y arbustiva en la localidad de Cruz Chiquita (Huancabamba, Piura); y con vientos fuertes (Anexo 2).



Palicourea amethystina (Ruiz & Pav.) DC.
Rubiaceae



Condaminea corymbosa (Ruiz & Pav.) DC.
Rubiaceae



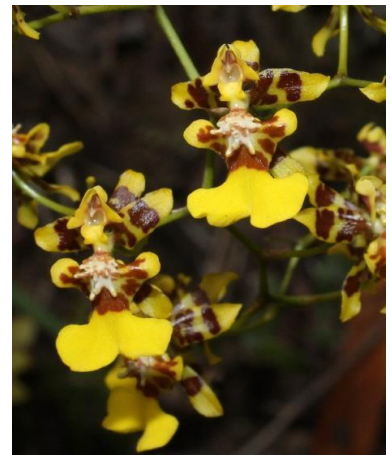
Bejaria resinosa Mutis ex L. f.
Ericaceae



Epidendrum secundum Jacq.
Orchidaceae



Gaultheria reticulata Kunth
Ericaceae



Oncidium sp
Orchidaceae



Macleania rupestris (Kunth) A.C.
Ericaceae



Bomarea densiflora Herb.
Alstroemeriaceae



Oreocallis grandiflora (Lam.) R. Br.
Proteaceae

Figura 12. Flora asociada al hábitat de seis especies de *Cinchona* en los Andes del centro y norte de Perú

7.2.4. Amenazas cercanas a las poblaciones de seis especies de *Cinchona*

Las poblaciones de *Cinchona capuli* están siendo amenazadas por actividades antrópicas. Por ejemplo, las poblaciones registradas en el Anexo El Toldo y Anexo Espíndola, pertenecientes a la comunidad campesina de Samanga, están siendo amenazadas por la ampliación de la frontera agrícola. Por testimonios de guías locales, los comuneros no tienen conocimiento de la existencia de la especie cerca de su territorio, es por ello, que en ocasiones las áreas son deforestadas. La superposición de las poblaciones de *Cinchona capuli* sobre el mapa de zonificación del área de conservación privada Bosques de Neblina y Páramos de Samanga, permitió evidenciar que se encuentran fuera del área, por lo que los hacen aún más vulnerables. La superposición de las poblaciones de la especie con las concesiones mineras ha permitido comprobar que hay una concesión minera de Río Blanco Copper cercana a éstas; pero afortunadamente la compañía ha desistido ejecutar sus actividades en el año 2019 debido a que la comunidad de Samanga no accedió el ingreso a sus tierras. Las poblaciones que se encuentran cerca del Bosque de Neblina de Aypate-Oyeros, Luplun, Chanuran y Molinos de Sangulí son ligeramente amenazadas por las trochas que son empleadas para el tránsito de personas locales que llevan leña para su subsistencia.

Las amenazas registradas cerca de las poblaciones de *Cinchona lancifolia* son la ampliación de monocultivos de pino y eucalipto; e incremento de áreas de pastizales que sirven de alimento para el ganado. Se conoce que la sobrecarga de animales provoca la compactación del suelo y la pérdida de cobertura vegetal gradual, perdiendo así la capacidad de retención de agua e impedimento del crecimiento de plantas silvestres.

Pese a que la población de *Cinchona mutisii* - registrada cerca del área de conservación privada "Abra Patricia" - mostró un alto potencial de regeneración (abundancia de plántulas), su distribución se limita a laderas rocosas con pendientes mayores a 45°. Lo cual indica que se adaptaron a esas condiciones después de haber sido desplazados por las carreteras. El suelo arenoso, pedregoso y con abundante materia orgánica pudo haber sido un factor influyente para el desarrollo de plantas de *C. mutisii*, pues permitía un mejor drenaje de los nutrientes. No se registraron amenazas como deforestación, ampliación de área agrícola o concesiones mineras ya que se trata de áreas difícilmente accesibles.

Desafortunadamente, las poblaciones de *Cinchona scrobiculata* y *Cinchona officinalis* fueron afectadas por la quema. Durante una expedición realizada el año 2017, se evidenció que las poblaciones de *C. officinalis* fueron quemadas; y es por ello, no han sido evaluadas para predecir tamaño poblacional. Se desconoce las causas de este acontecimiento que afectó a las poblaciones de esta especie. Los rezagos de las poblaciones se evidenciaron en el margen derecho de la carretera asfaltada Huancabamba- Cruz Chiquita, con pendiente entre 20 ° y 30° y vientos muy fuertes. En junio del 2018, se observó que las poblaciones de *C. scrobiculata* también fueron afectadas por la quema. A diferencia de *C. officinalis*, la causa de su deforestación se debió a la ampliación de frontera agrícola, ya que *C. scrobiculata* habita en lugares de planicie fácilmente accesibles, con suelos arenosos con abundante materia orgánica y propicios para desarrollar actividad agrícola o ganadera (Figura 13).

Las poblaciones de *Cinchona nitida* fueron afectadas por las concesiones mineras y el crecimiento de obras de carreteras. Es más, los únicos reportes existentes fueron evaluados en cerros empinados de área limitadas. En resumen, las poblaciones de *Cinchona capuli*, *C. lancifolia* y *C. mutisii* se encuentran menos amenazadas que las poblaciones de *C. scrobiculata*, *C. nitida* y *C. officinalis*. es importante indicar que la poca participación de los gobiernos locales y la poca inversión en proyectos ambientales provocaría la desaparición gradual de las poblaciones de *Cinchona*. A todo esto, hay que sumarle el incremento de la temperatura y la ausencia de lluvias por periodos largos producto del cambio climático.



Figura 13. Poblaciones de *Cinchona* afectadas por la quema A) *Cinchona officinalis* en la localidad de Cruz Chiquita, B) *Cinchona scrobiculata* en San José de Lourdes

Luego de la identificación de las amenazas existentes cerca de las poblaciones de las seis especies de *Cinchona*, se clasificaron las amenazas de la siguiente manera:

Tabla 18. Valores del criterio de amenazas antrópicas que afectan a las poblaciones de seis especies de *Cinchona* en los Andes del centro y norte de Perú

Especie	Amenazas antrópicas	Rango de Amenazas	Valor
<i>Cinchona capuli</i> L. Andersson	Agricultura	Baja	1
<i>Cinchona lancifolia</i> Mutis	Agricultura, ganadería	Media	2
<i>Cinchona mutisii</i> Lamb.	Ninguno	Nula	0
<i>Cinchona nitida</i> Ruiz & Pav.	Trochas, usurpación de tierras	Media	2
<i>Cinchona officinalis</i> L.	Quema, ampliación de vías, crecimiento urbano	Alta	3
<i>Cinchona scrobiculata</i> Bonpl.	Quema, trochas, agricultura	Alta	3

7.2.5. Protección de seis especies de *Cinchona*

A partir de la superposición de las poblaciones de *Cinchona* sobre los polígonos de Áreas Nacionales Protegidas (ANPs) y Áreas de Conservación Privada (ACPs), se obtuvo que tres especies (*Cinchona capuli*, *Cinchona officinalis* y *Cinchona mutisii*) se encuentran cerca de estas áreas. Sin embargo, no se encuentran identificadas en las listas de sus inventarios. Las poblaciones de *Cinchona capuli* se encuentran en las áreas de conservación de Bosques de Cuyas Cuchayo, Bosques de Neblina Aypate-Ollero y Bosques de Neblina y Páramos de Samanga. Las poblaciones de *Cinchona officinalis* se encuentra en el área de conservación Bosques Montanos y Páramos de Huaricancha. Y las poblaciones *Cinchona mutisii* se encuentra en el área de conservación Abra Patricia. Estos resultados permitieron identificar los valores de este criterio:

Tabla 19. Valores del criterio de protección de las poblaciones de seis especies de *Cinchona* en los Andes del centro y norte de Perú

Especie	Protección	Valor
<i>Cinchona capuli</i> L. Andersson	Tres áreas de conservación privada	0
<i>Cinchona lancifolia</i> Mutis	Ninguna área de protección	2
<i>Cinchona mutisii</i> Lamb.	Un área de conservación privada	1
<i>Cinchona nitida</i> Ruiz & Pav.	Ninguna área de protección	2
<i>Cinchona officinalis</i> L.	Un área de conservación privada	1

<i>Cinchona scrobiculata</i> Bonpl.	Ninguna área de protección	2
-------------------------------------	----------------------------	---

A partir de la evaluación de los valores de cada criterio, se obtuvo el estado de conservación de cada especie (Tabla 20). Los valores sugieren que *Cinchona scrobiculata* es una especie de Prioridad Máxima (PM) equivalente a En Peligro Crítico (CR), *Cinchona officinalis* y *Cinchona nitida* son especies de Prioridad (PR) equivalente a En Peligro (EN); *Cinchona capuli* y *Cinchona mutisii* son especies de Atención Especial (AE) equivalente a Vulnerable (VU); y *Cinchona lancifolia* es una especie No Prioritaria, equivalente a Preocupación Menor (LC).

Tabla 20. Categorías de conservación de seis especies de *Cinchona* obtenidas a partir de los valores de cada criterio

Criterios	<i>C. capuli</i>	<i>C. lancifolia</i>	<i>C. mutisii</i>	<i>C. nitida</i>	<i>C. officinalis</i>	<i>C. scrobiculata</i>
Distribución Geográfica	4	3	5	4	5	4
Confinamiento (Área de ocupación) ^a	3	0	1	2	1	3
Tamaño poblacional (individuos maduros/ha)	1	1	2	2	2	2
Intensidad de amenazas antrópicas	1	2	0	2	3	3
Protección	0	2	1	2	1	2
Valor del SUMIN	9	8	9	12	12	14
Estado de Conservación ^a	Atención Especial	No Prioritaria	Atención Especial	Prioridad	Prioridad	Prioridad Máxima
Estado de Conservación	Vulnerable	Preocupación Menor	Vulnerable	En Amenaza	En Amenaza	En Peligro Crítico

^a Según denominación del presente estudio, ^b Según denominación de la IUCN

De acuerdo con las categorías de conservación, *Cinchona lancifolia* es una especie con el menor valor de SUMIN (9), debido a que sus poblaciones fueron abundantes (mayor número de individuos adultos) y su distribución es la más amplia a escala global (EOOn= 295.8 km² y AOO_n<25%AOO_m). Asimismo, se evidenció constantes rebrotes a nivel tallos, lo cual indicaría que su poblacional permanecería de algún modo.

Cinchona capuli se encuentra también en Atención Especial, ya que algunas de

sus poblaciones ubicadas están siendo afectadas por la ampliación de la frontera

agrícola y ganadera. Además, posee un AOO nacional que representa más del 50% del AOO mundial, lo cual indica que gran parte de sus poblaciones se encontraría posiblemente en el Perú y merecería ser conservado. Aunque su población aparentemente se mantenga en un futuro debido a la alta cantidad de plántulas en algunas subpoblaciones, esto podría variar si las amenazas incrementan.

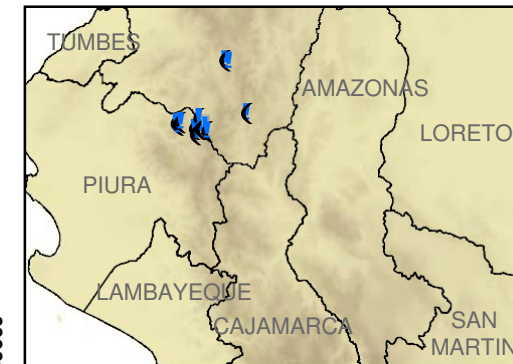
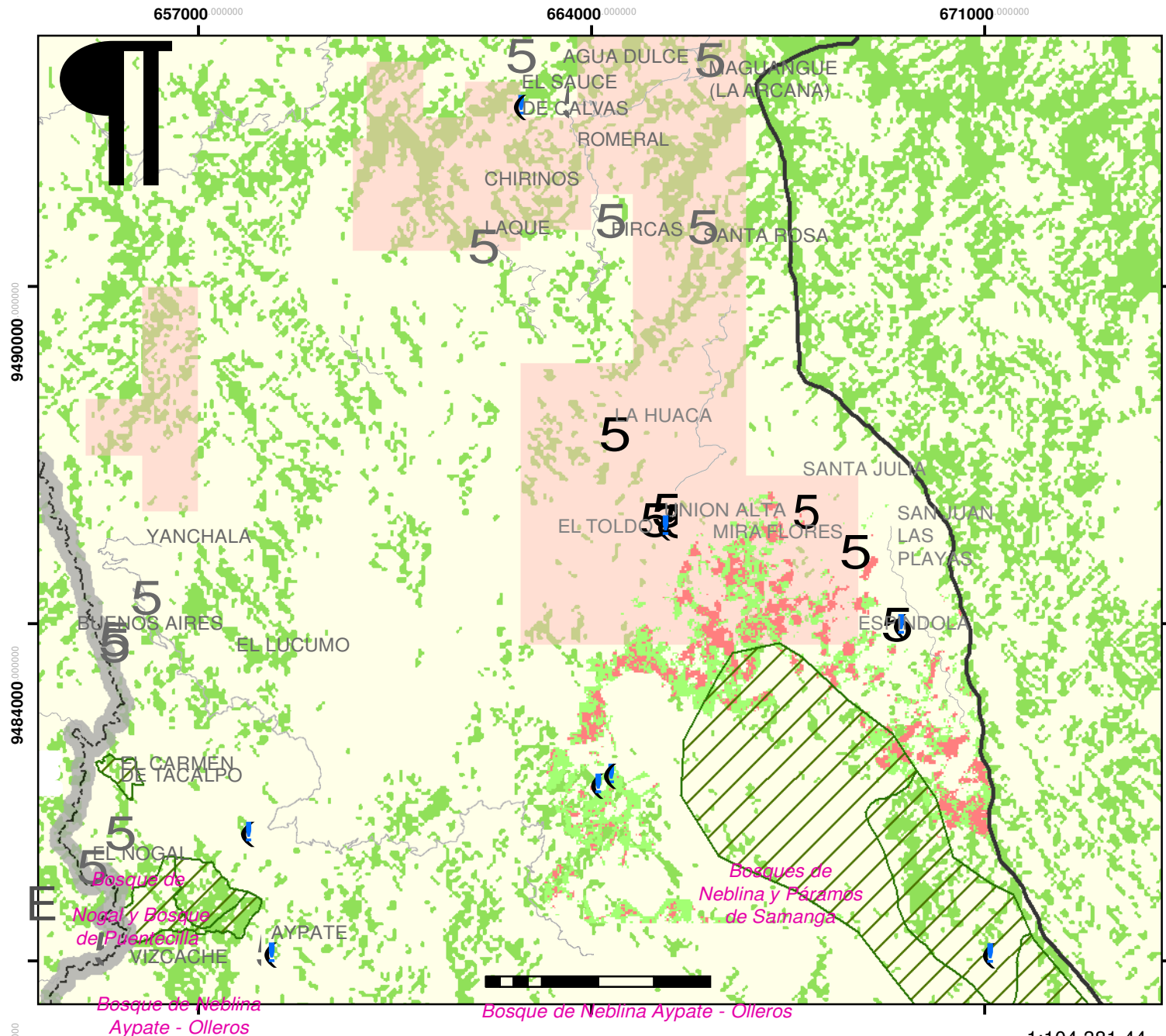
La especie *Cinchona mutisii* habita en remanentes de bosques enanos con pendiente fuerte ($>45^\circ$), suelo rocoso con abundante materia orgánica y exposición solar fuerte. Hasta la actualidad, solo fue registrado en una localidad (Abra Patricia), pese a la búsqueda exhaustiva en otras localidades de la misma provincia. Sin embargo, la especie se ha adaptado muy bien a las condiciones fisiográficas de aquel lugar, porque se observó una dominancia de plántulas. Es así como se categorizó a la especie en Atención especial.

La especie *Cinchona officinalis* fue registrada apenas en dos localidades (Shilcaya y Cruz Chiquita). Búsquedas exhaustivas para la especie en 18 localidades de seis distritos de los departamentos de Piura, Cajamarca y Amazonas no han sido exitosas, lo que indica que hay un rango bajo de incertidumbre sobre el parámetro de AOO calculado. Además, hay indicios de que en una de las dos localidades registradas hubo una quema. La proximidad con la carretera Huancabamba-Cruz Chiquita, podría también contribuir a la degradación de su hábitat. Por lo expuesto, se considera que se trata de una especie en Prioridad por ser tratarse de una especie muy rara en encontrar y por evidenciar que sus poblaciones están siendo amenazadas por la deforestación. Sin embargo, no se descarta que puede haber poblaciones dentro del área de protección Bosques de Montanos y Páramos de Huaricanha y hábitats apropiados dentro del Santuario Nacional Tabaconas-Namballe, pero se requiere su confirmación.

Por otro lado, *Cinchona nitida*, un taxón endémico para Perú puede verse afectado por la aparición de nuevos caminos que deterioran su hábitat. La especie solo se conoce de su localidad tipo (Cuchero) y una adicional (Malalma), pese a las búsquedas activas en otras localidades en el departamento de Junín y Pasco, lo que indica que también hay un rango bajo de incertidumbre sobre los valores del AOO y EOO. Por esas razones, se estima que la especie sería como Prioritario (PR), lo que equivale En Peligro (EN).

El hábitat de *Cinchona scrobiculata* está severamente fragmentado debido a la quema ocasionada dentro de la única localidad registrada (San José de Lourdes, provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca). Se evidenció que esta amenaza

ha provocado el aislamiento de parches más pequeños, que serían poco viables para mantener alguna población. Desafortunadamente, no se estiman más de 50 individuos, puesto que apenas se observó 1 o 2 individuos por transecto (0.004 ha) como máximo. Es más alarmante cuando se infiere que en un periodo no mayor de 10 años, se extinguirá sus poblaciones en el Perú. A base de aquellos motivos, se estima que la especie se consideraría como Prioridad Máxima. En las figuras 14 a la 19, se muestran las poblaciones, las áreas de conservación privada, las amenazas cercanas y los polígonos de área de ocupación; a fin de evidenciar la situación de cada especie de *Cinchona*.



Leyenda

- Cinchona capuli
- Centros poblados (INEI 2008)
- Concesiones mineras
- Vía vecinal
- Vía nacional
- Áreas de Conservación Privada
- Límite distrital
- Límite departamental
- Áreas de bosque
- Área deforestada (2001-2018)

REFERENCIA

Límites Administrativos (INEI 2008)
 Centros poblados (INEI 2008)
 Concesiones mineras (INGEMMET, 2020)
 Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (MINAM 2018)
 Proyección: WGS 1984 UTM Zona 17S

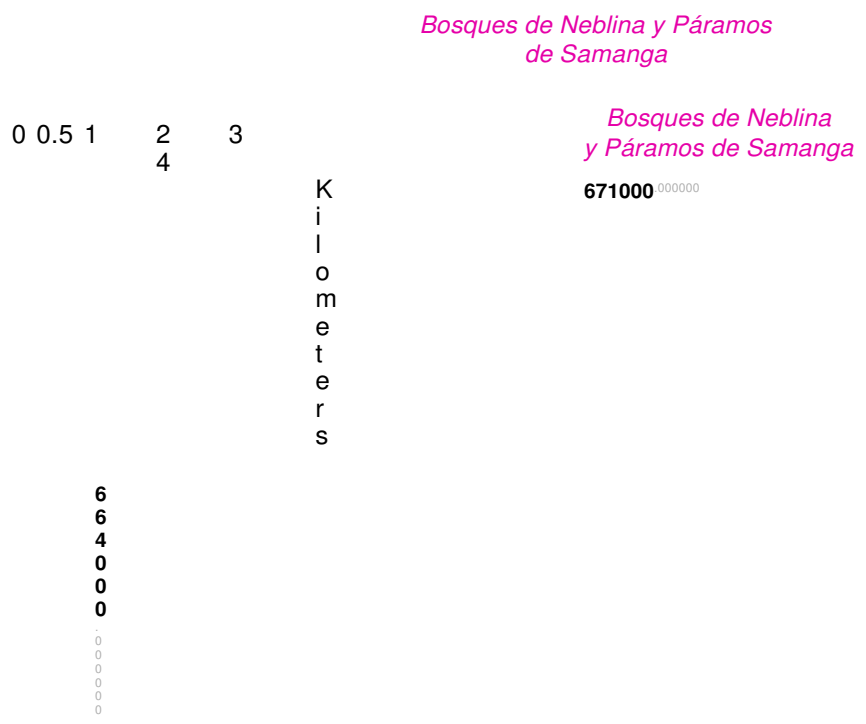
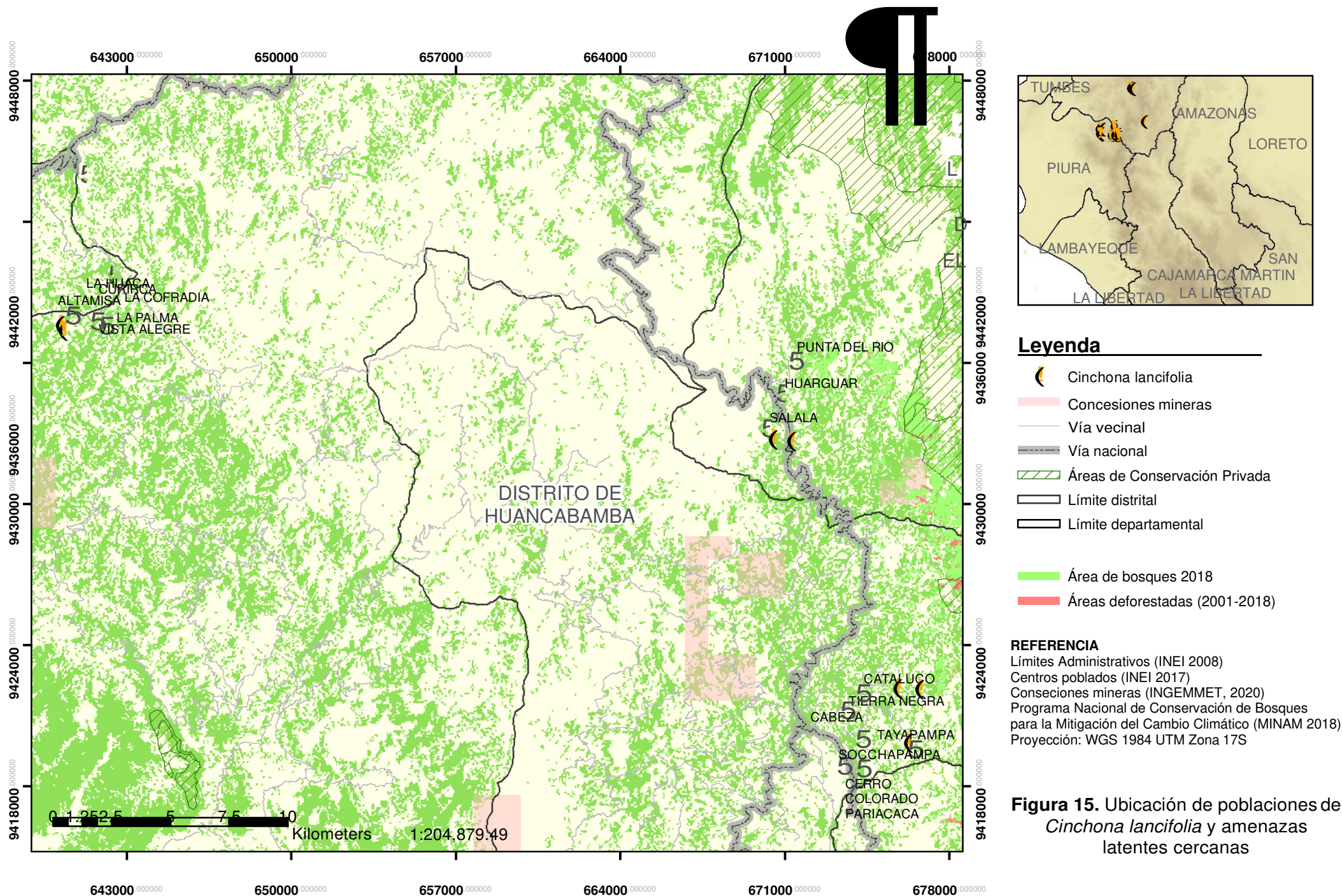


Figura 14. Ubicación de poblaciones de *Cinchona capuli* y amenazas latentes cercanas



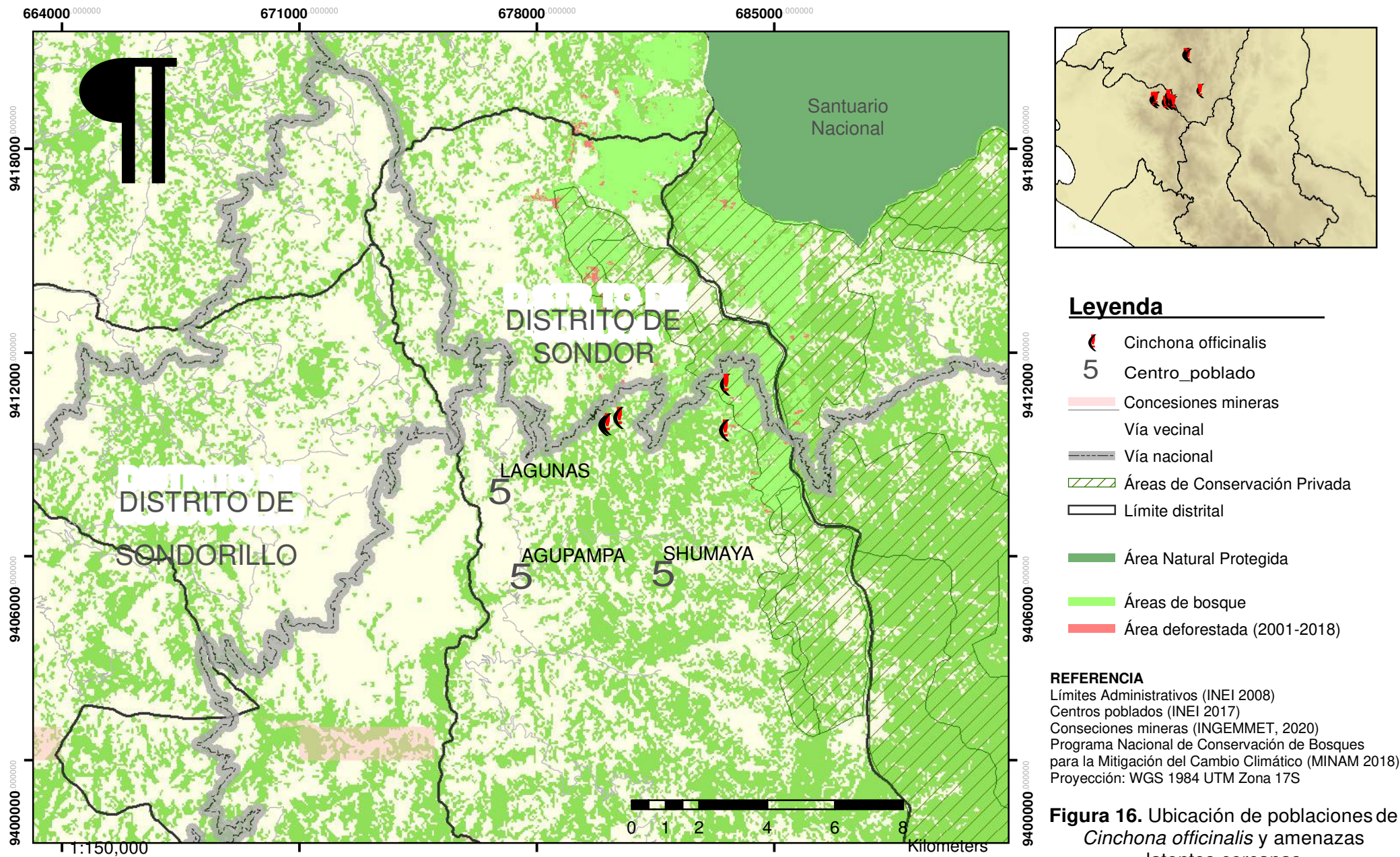


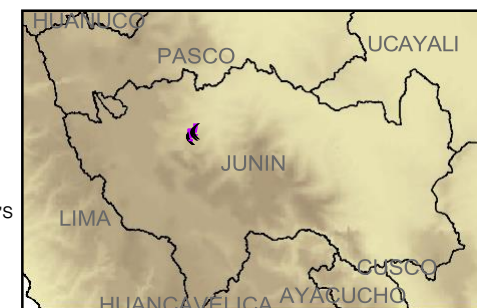
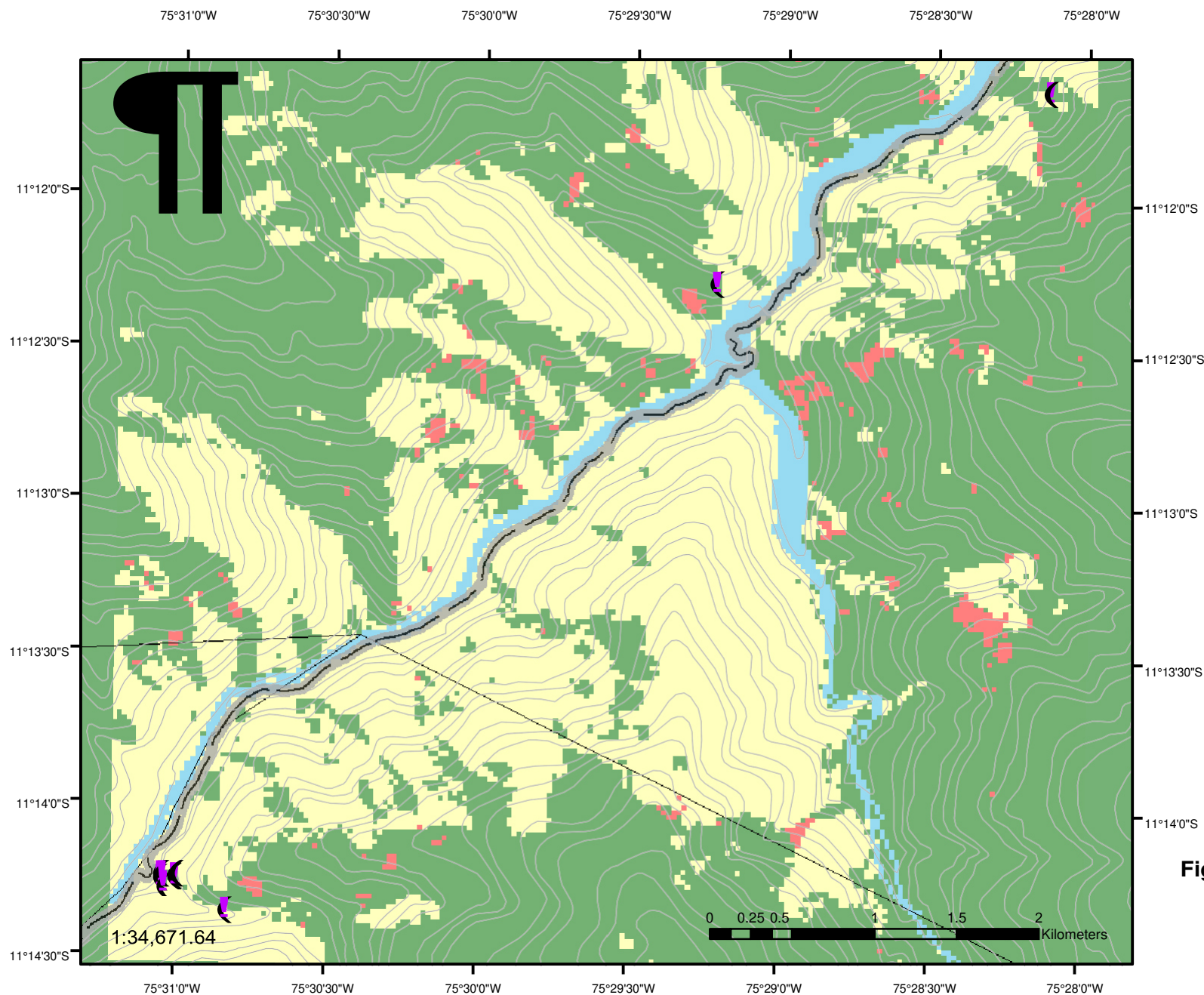
Figura 16. Ubicación de poblaciones de *Cinchona officinalis* y amenazas latentes cercanas

664000.000000

671000.000000

678000.000000

685000.000000

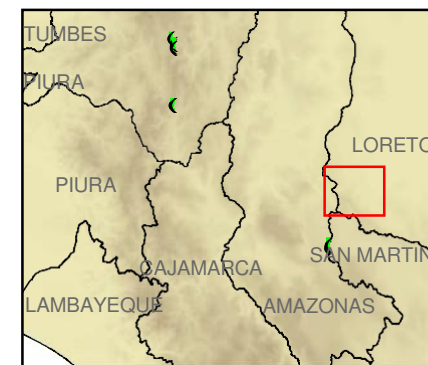
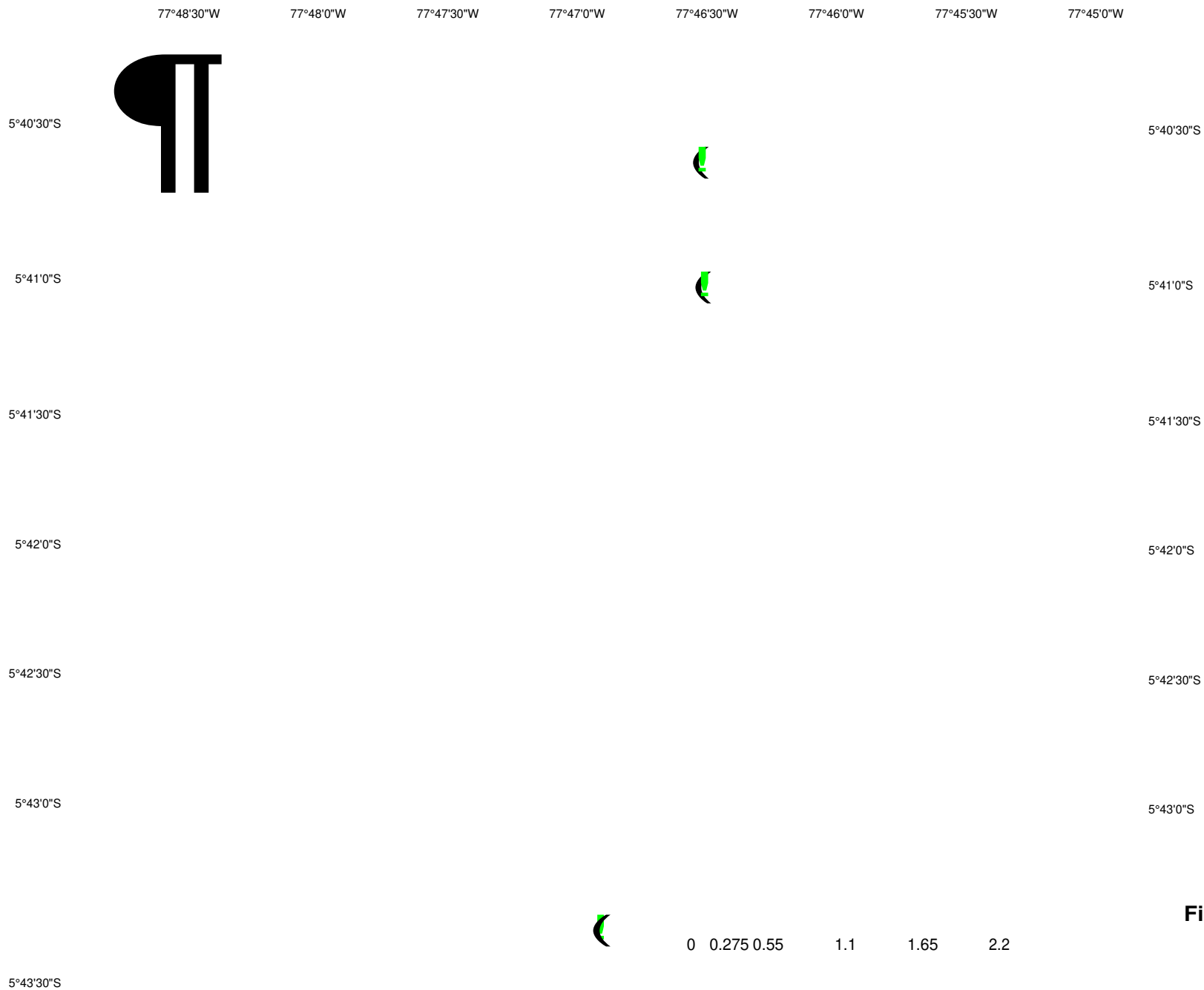


Legenda

- Cinchona nitida
- Vía vecinal
- Vía nacional
- Curvas de nivel (50 m)
- Límite distrital
- Áreas boscosas
- Hidrografía
- Áreas agrícolas y/o urbanas
- Áreas deforestadas (2001-2018)

REFERENCIA
 Límites Administrativos (INEI 2008)
 Centros poblados (INEI 2017)
 Concesiones mineras (INGEMMET, 2020)
 Programa Nacional de Conservación de Bosques
 para la Mitigación del Cambio Climático (MINAM 2018)
 Proyección: WGS 1984 UTM Zona 17S

Figura 17. Ubicación de poblaciones de *Cinchona nitida* y amenazas latentes cercanas



Leyenda

- Cinchona mutisii
- Centros Poblados
- Vía vecinal
- Vía nacional
- Límite distrital
- Áreas boscosas
- Hidrografía
- Áreas agrícolas y/o urbanas
- Áreas deforestadas (2001-2018)

REFERENCIA

Límites Administrativos (INEI 2008)
 Centros poblados (INEI 2017)
 Programa Nacional de Conservación de
 Bosques para la Mitigación del Cambio
 Climático (MINAM 2018)
 Proyección: WGS 1984 UTM Zona 18S

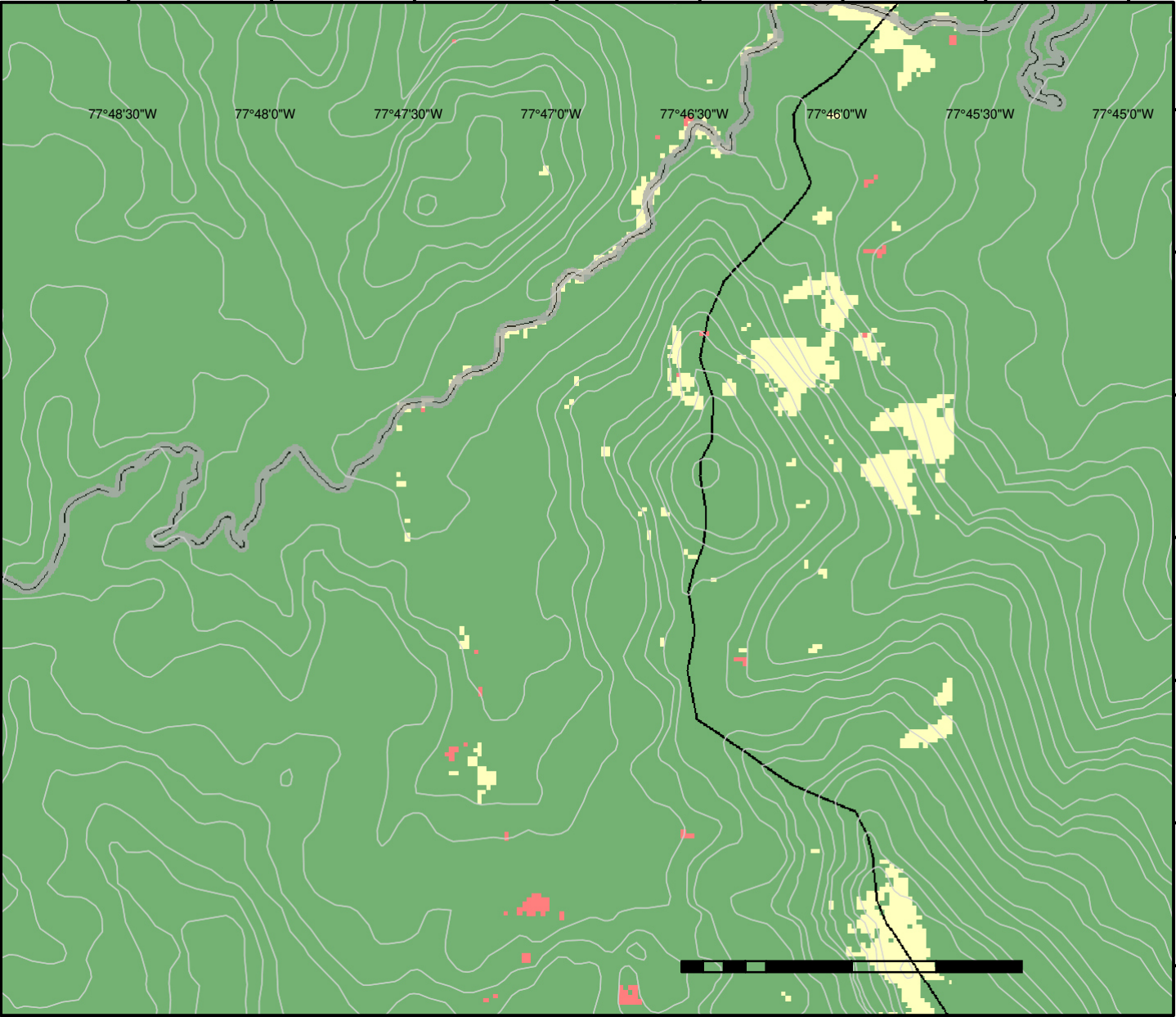
Figura 18. Ubicación de poblaciones de *Cinchona mutisii* y amenazas

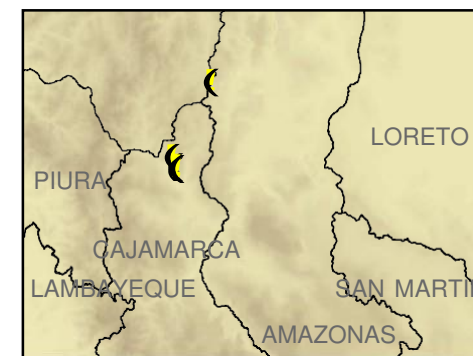
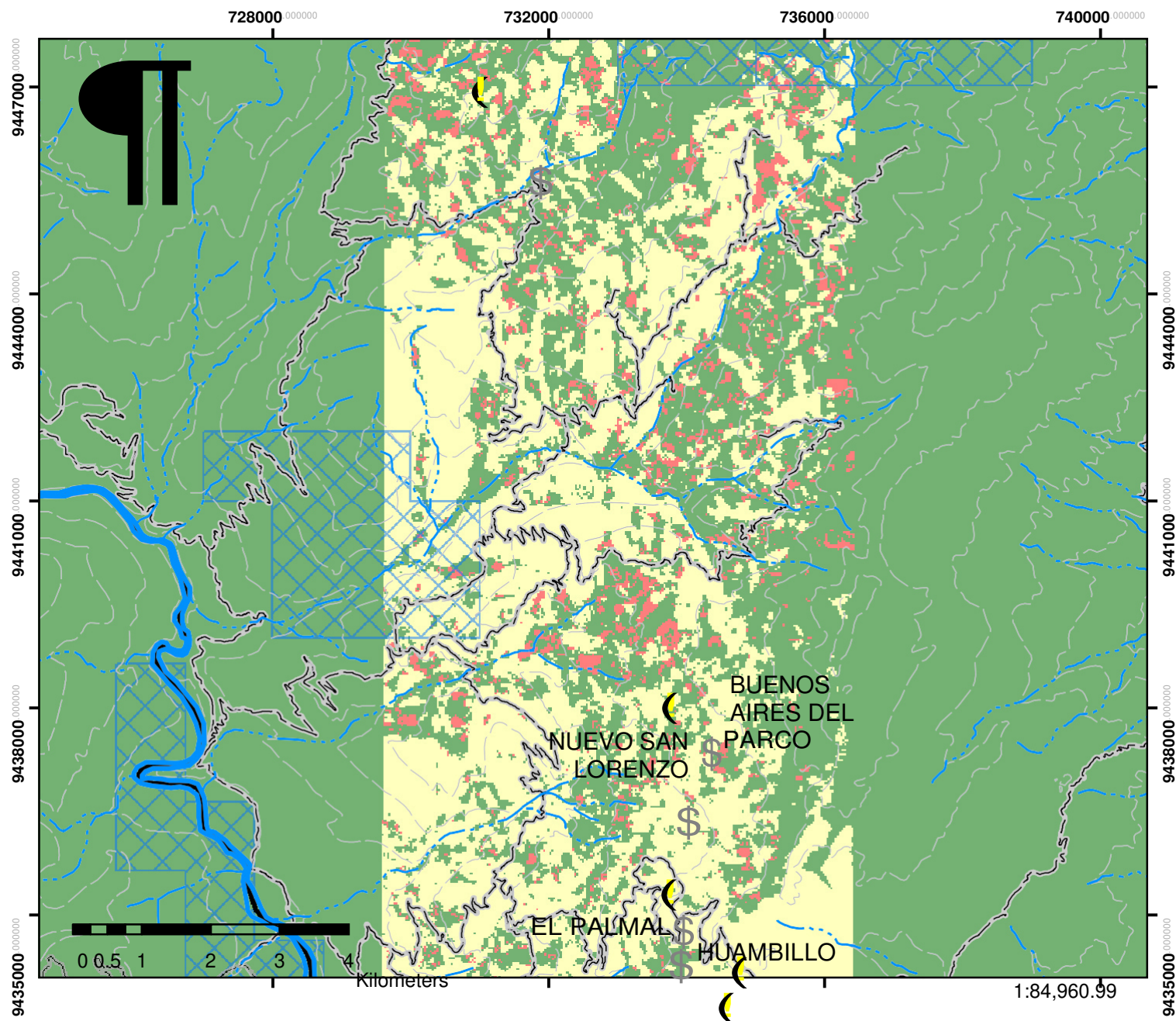
1:40,
000

Kilometers

5°43'30"S

latent
es
cerca
nas





Leyenda

- Cinchona scrobiculata*
- Centros poblados
- Concesiones mineras
- Vía vecinal
- Curva de nivel (200 m)
- Límite distrital
- Áreas boscosas
- Áreas agrícolas y/o urbanas
- Área deforestada (2001-2018)

REFERENCIA

Límites Administrativos (INEI 2008)
Centros poblados (INEI 2017)
Concesiones mineras (INGEMET 2019)

Programa Nacional de Conservación de Bosques
para la Mitigación del Cambio Climático (MINAM 2018)
Proyección: WGS 1984 UTM Zona 18S

Figura 19. Ubicación de poblaciones de *Cinchona scrobiculata* y amenazas latentes cercanas

728000 000000

732000 000000

736000 000000

740000 000000

9447000 000000

7.3. Áreas potenciales para reforestación de las seis especies de *Cinchona*

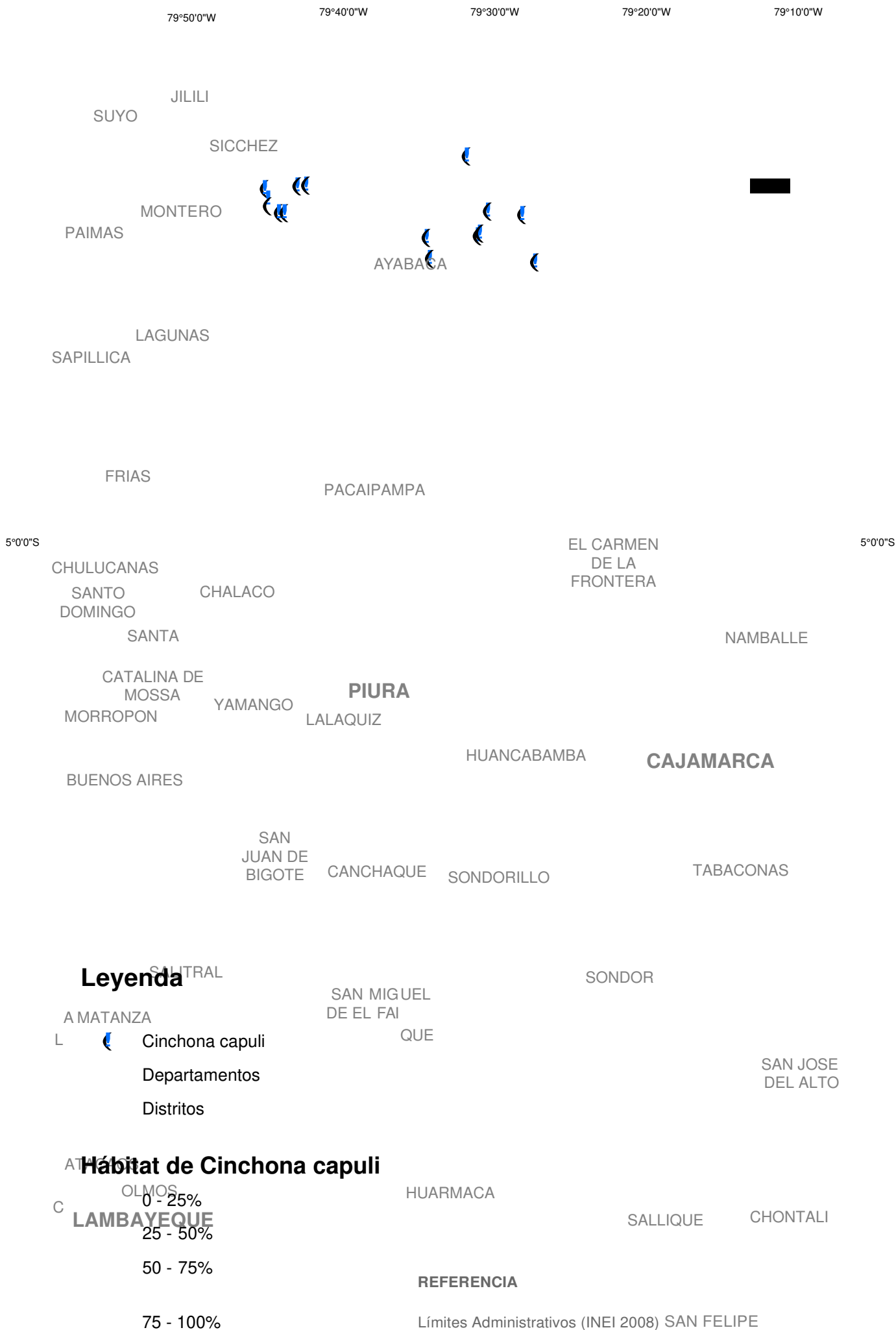
Los áreas potenciales o hábitats idóneas de las cuatro especies (*Cinchona capuli*, *C. lancifolia*, *C. officinalis* y *C. nitida*) presentaron valores de AUC mayores del 90%, las dos especies restantes (*C. scrobiculata* y *C. mutisii*) presentaron valores mayores del 80%. En todos los casos fueron valores que demuestran que los modelos son válidos y representan bien los hábitats donde podrían crecer normalmente en base a las condiciones climáticas.

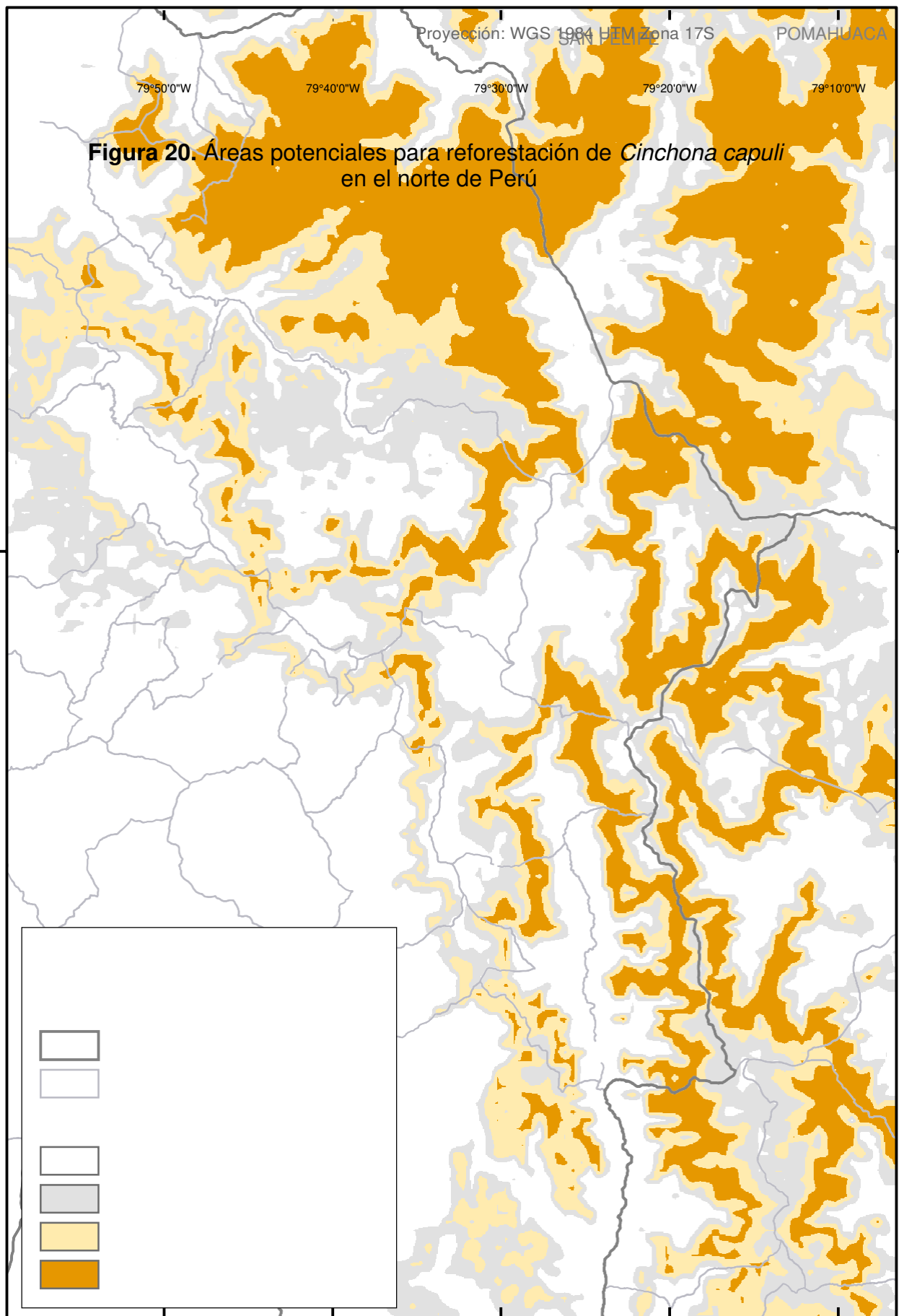
Las áreas más idóneas (muy buena) para realizar reforestación de *Cinchona capuli* y *Cinchona lancifolia* fueron amplias dentro de las provincias de Ayabaca y Huancabamba (Figura 20 y 21). Algunas de estas áreas se traslapan entre ellas, lo que provocaría hibridismo y como consecuencia complicaría la diferenciación taxonómica entre ellas. Para evitar ello, se sugieren ciertas áreas para cada especie, para *C. capuli*, podría reforestarse en tierras pertenecientes a las comunidades de Samanga, Suyupampa y Cuyas Cuchayo, ambos pertenecientes al distrito de Ayabaca, provincia de Ayabaca; y para *C. lancifolia*, el norte del distrito de Lallaquiz y el sur de El Carmen de la Frontera; ambos perteneciente a la provincia de Huancabamba, departamento de Piura. Se debe resaltar que algunas áreas de *C. capuli* se superponen con concesiones mineras, mientras que para *C. lancifolia* ningún área se traslapa, lo que indicaría que debería considerarse en futuros planes de conservación.

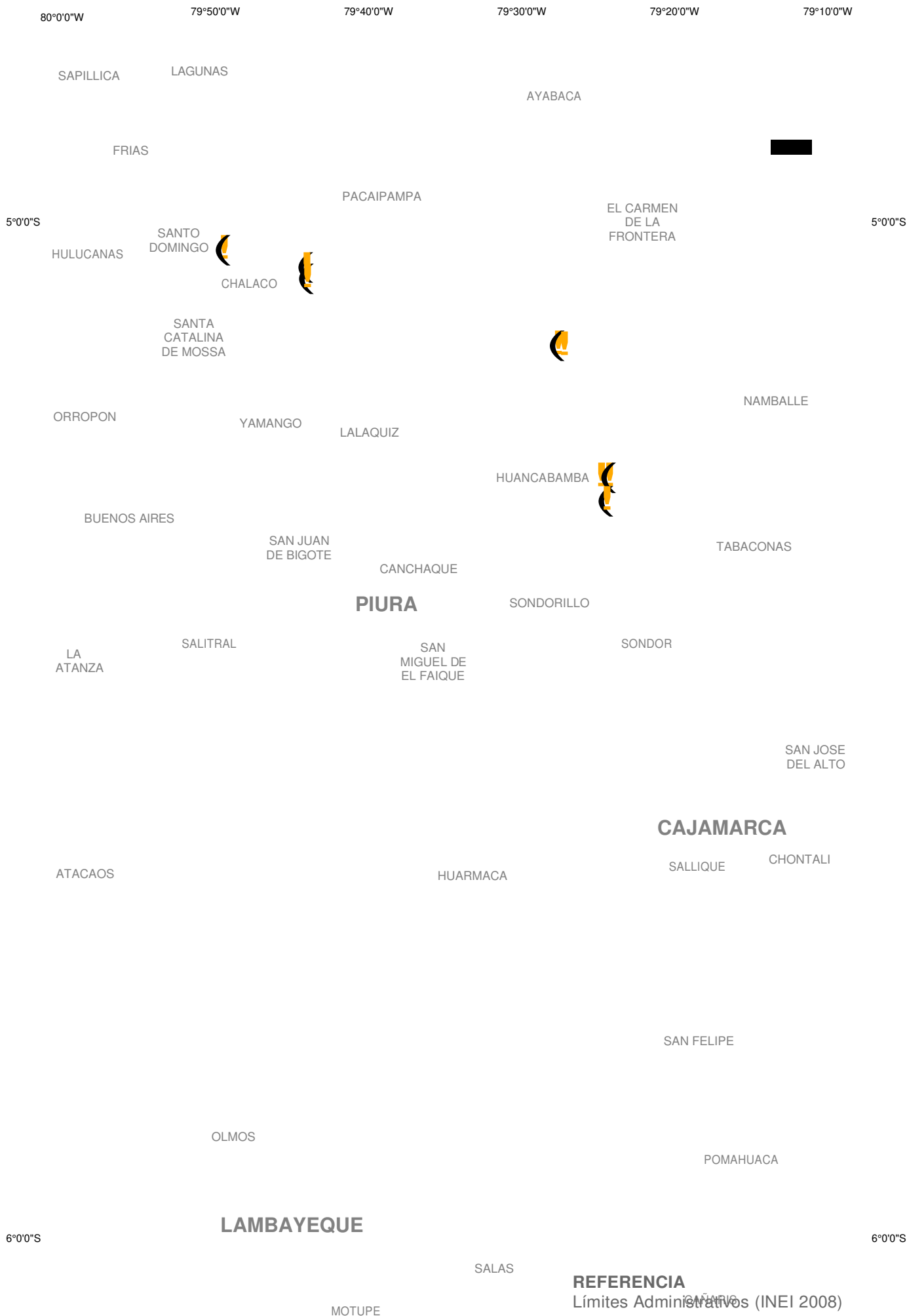
Por el contrario, las áreas más idóneas (muy buena) para desarrollar reforestación de *Cinchona nitida* y *C. officinalis* fueron estrechas dentro de las provincias de Junín, Pasco, Huancabamba y San Ignacio. La ubicación de las áreas de ambas especies no se cruza porque fueron registradas en diferentes regiones. Las poblaciones de *Cinchona officinalis* podrían ser reforestados dentro del área de Conservación de Bosques montanos y páramos húmedos de Huaricancha y Santuario Nacional Tabaconas Namballe, en el caso que no hayan sido registrados en ninguno de ellos (Figura 22). *Cinchona nitida* podrían ser reforestados en la Comunidad Callas Palca y en la Zona Reservada de Pampa Hermosa, ambas áreas se ubican cerca de las poblaciones que han sido registrados actualmente (provincia de Junín, departamento de Junín). También podría repoblarse en los distritos de Huancabamba y Chontabamba (provincia de Oxapampa, departamento de Pasco) (Figura 23).

Para el caso de las poblaciones de *Cinchona mutisii* se indican que de alguna manera ya están siendo protegidas dentro del área de conservación privada Abra Patricia; y por tanto ya no requerirían de más áreas para reforestación. Sin embargo, se muestran otras áreas alternativas que se encuentran ubicadas en los distritos de Cajaruro (provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas), Pardo Miguel (provincias de Rioja, departamento de San Martín), ambas cercanas y logísticamente accesibles de desarrollar planes de reforestación. Existe una zona pequeña ubicada al noreste del distrito de Tabaconas (provincia San Ignacio, departamento de Cajamarca) que presenta las condiciones climáticas óptimas según el modelamiento, pero la desventaja es la lejanía a las poblaciones actuales (Figura 24).

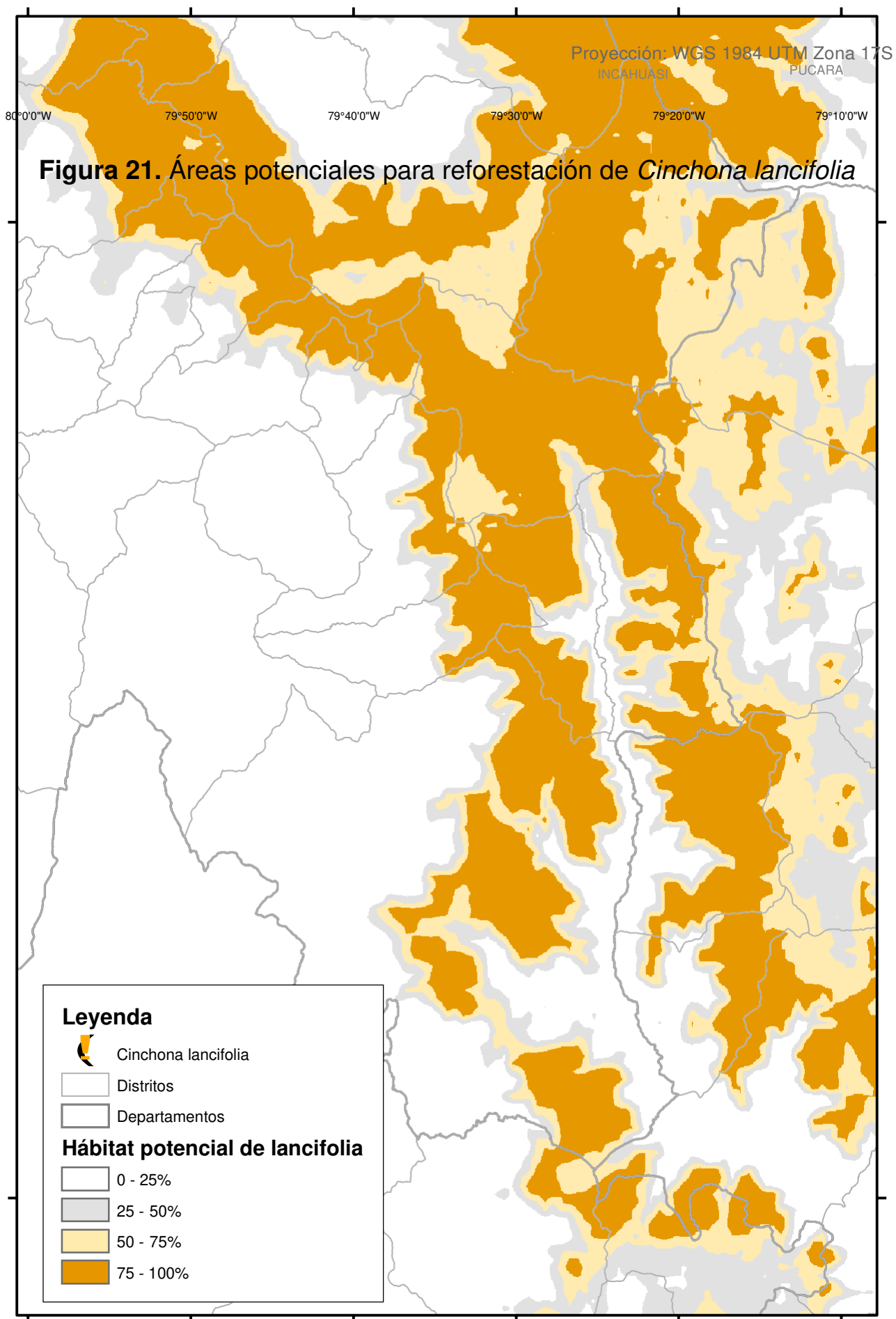
En relación con la reforestación de las poblaciones de *Cinchona scrobiculata*, se considera que debería de desarrollarse lo más pronto posible debido a la categoría en que se encuentra actualmente. Las posibles áreas óptimas para su crecimiento se ubican en los páramos húmedos de San José de Lourdes, Namballe y Tabaconas (Figura 25).







en el norte de Perú



en el norte de Perú

79°40'0"W

79°30'0"W

79°20'0"W

79°10'0"W

AYABACA

AYABACA

PACAIPAMPA

EL CARMEN
DE LA
FRONTERA

5°0'0"S

5°0'0"S

HALACO

YAMANGO

NAMBALLE

SAN
IGNACIO

LALAQUIZ

HUANCABAMBA

PIURA

SAN
JUAN DE
BIGOTE

CANCHAQUE



TABACONAS

LA COIP

ALITRAL

SONDORILLO

SONDOR

SAN
MIGUEL DE
EL FAIQUE

SALITRAL

SAN JOSE
DEL ALTO

CAJAMARCA

Leyenda



Cinchona officinalis

Departamentos

Distritos

Hábitat de Cinchona officinalis

0 - 25 %

25 - 50 %

50 - 75 %

75 - 100 %

OLMO
S

SALLIQUE

CHONTALI

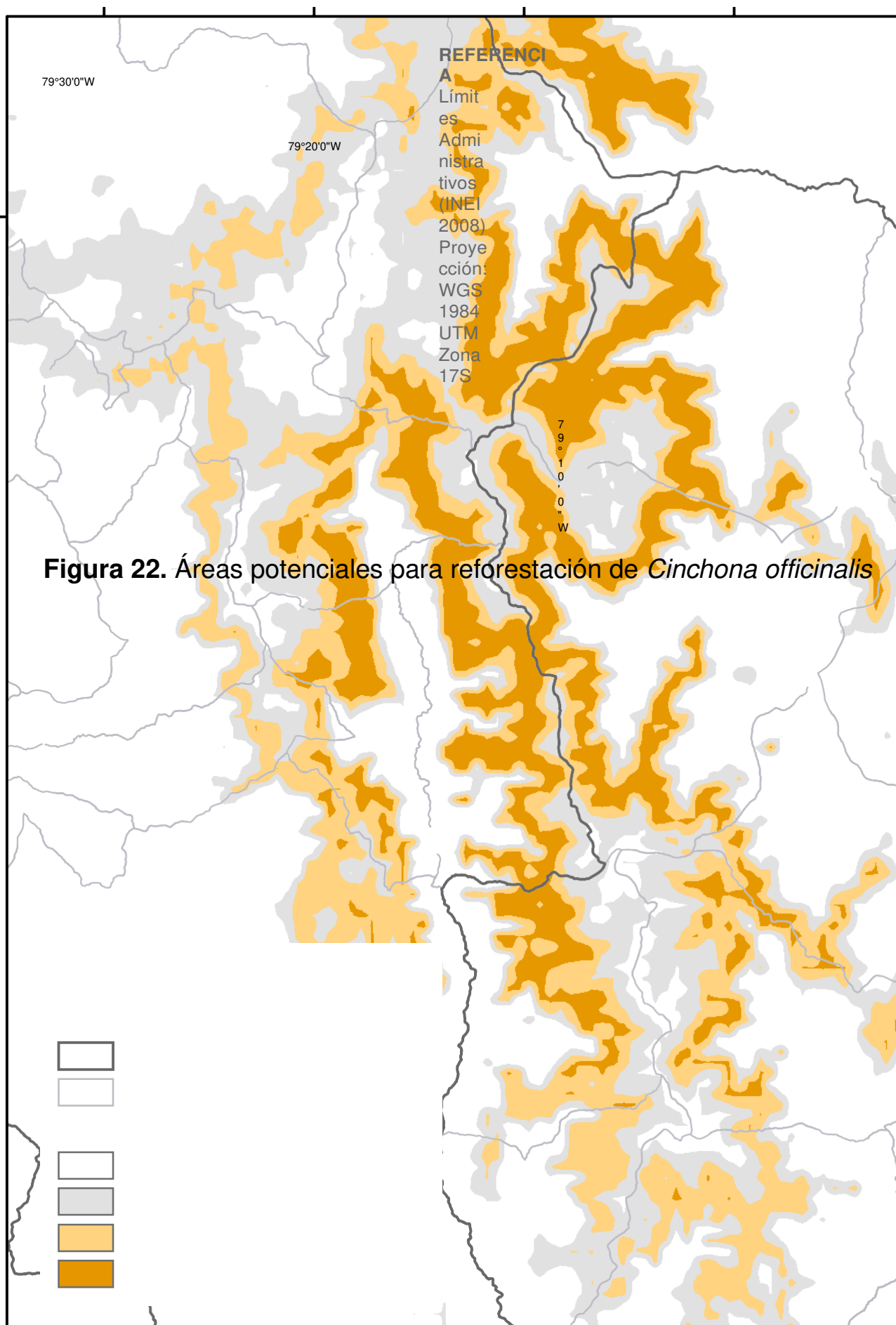
COLASA

SAN FELIPE

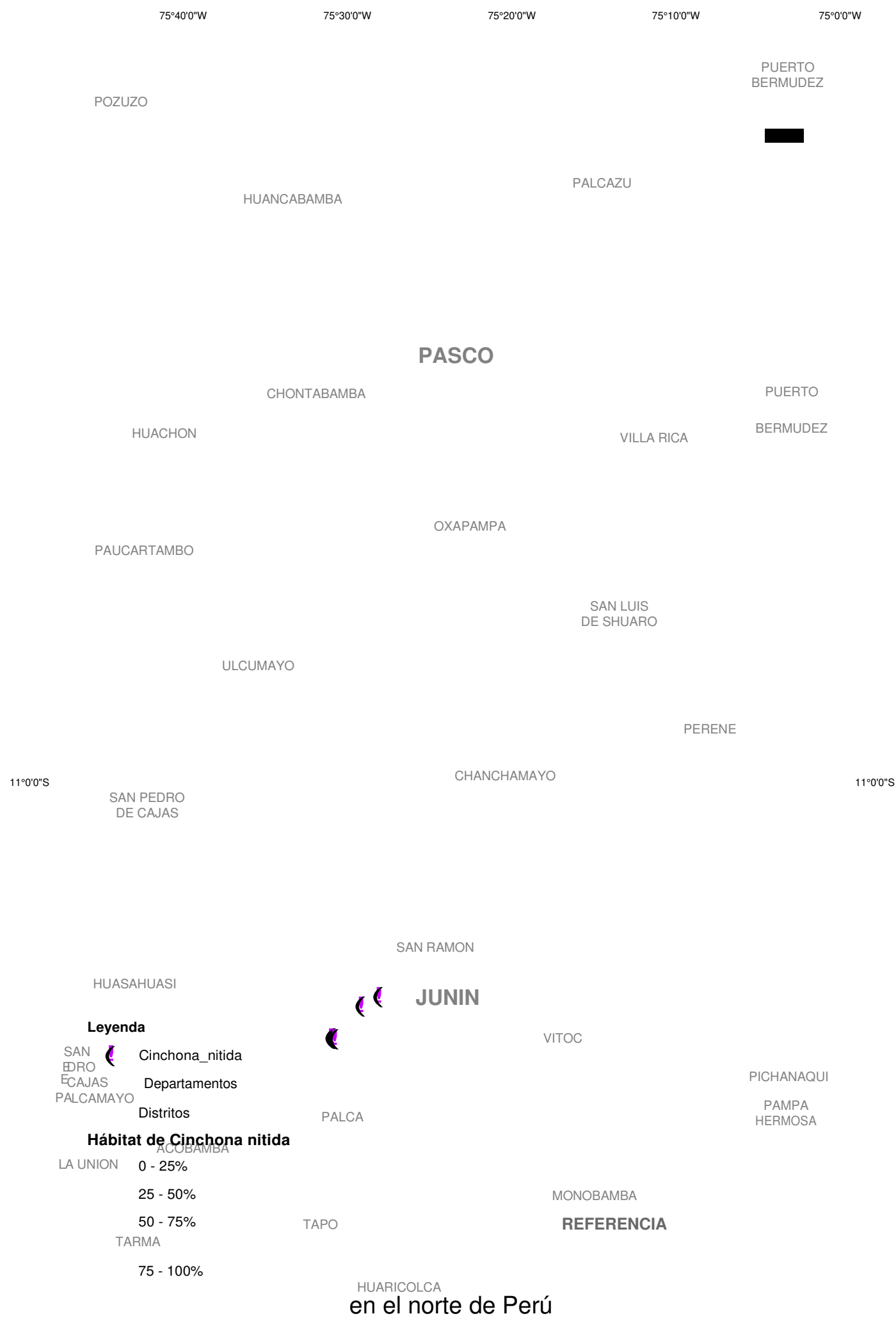
POMAHUACA

79°40'0"W

en el norte de Perú



en el norte de Perú



RICRAN

L
í
m
i
t
e
s
A
d
m
i
n
i
s
t
r
a
t
i
v
o
s
(
I
N
E
I
2
0
0
8
)
P
r
o
y
e
c
c
i
ó
n
:
W
G
S
1
9
8
4
U
T
M
Z
o
n
a
1
7
S

OMAS

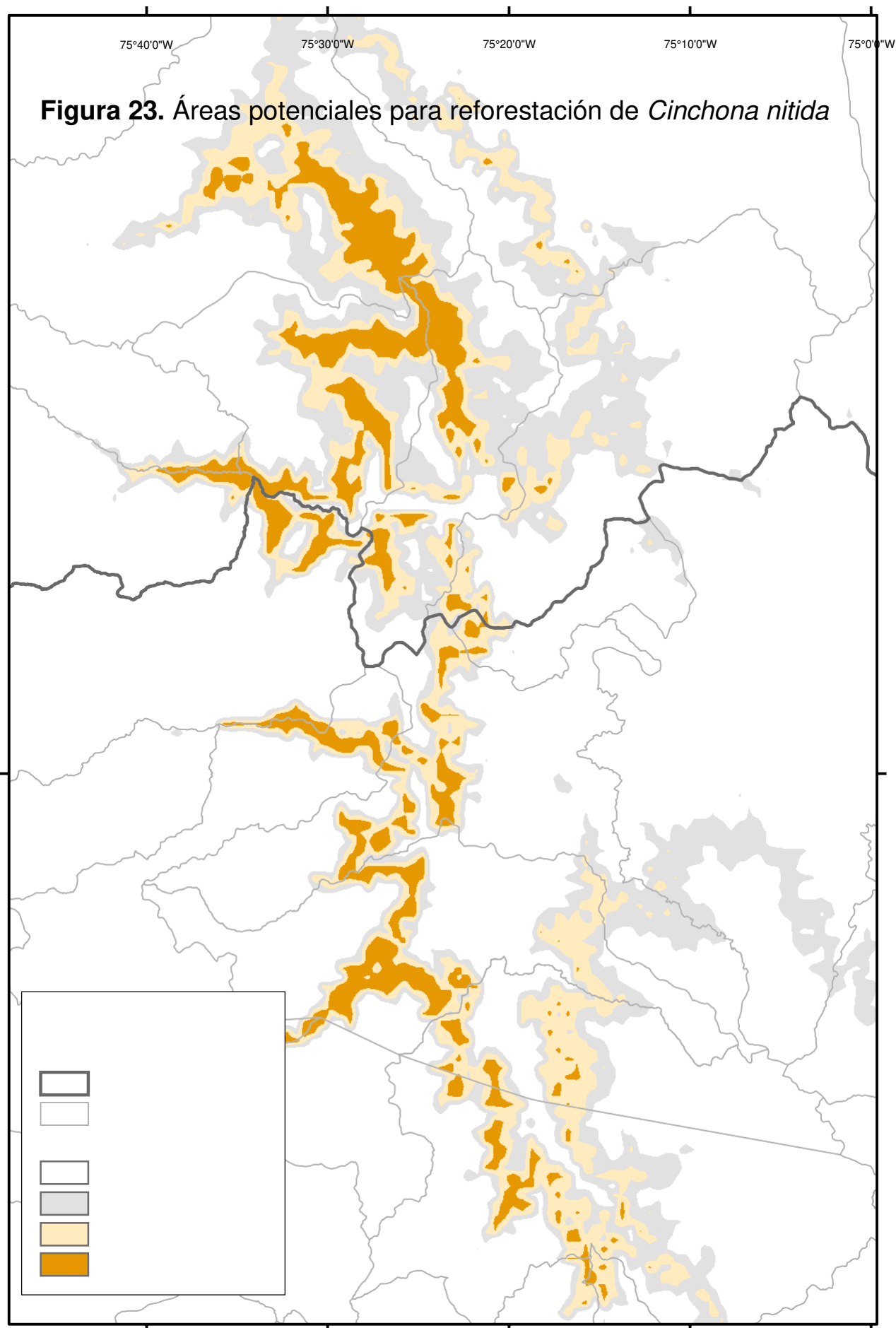
MOLINOS

A

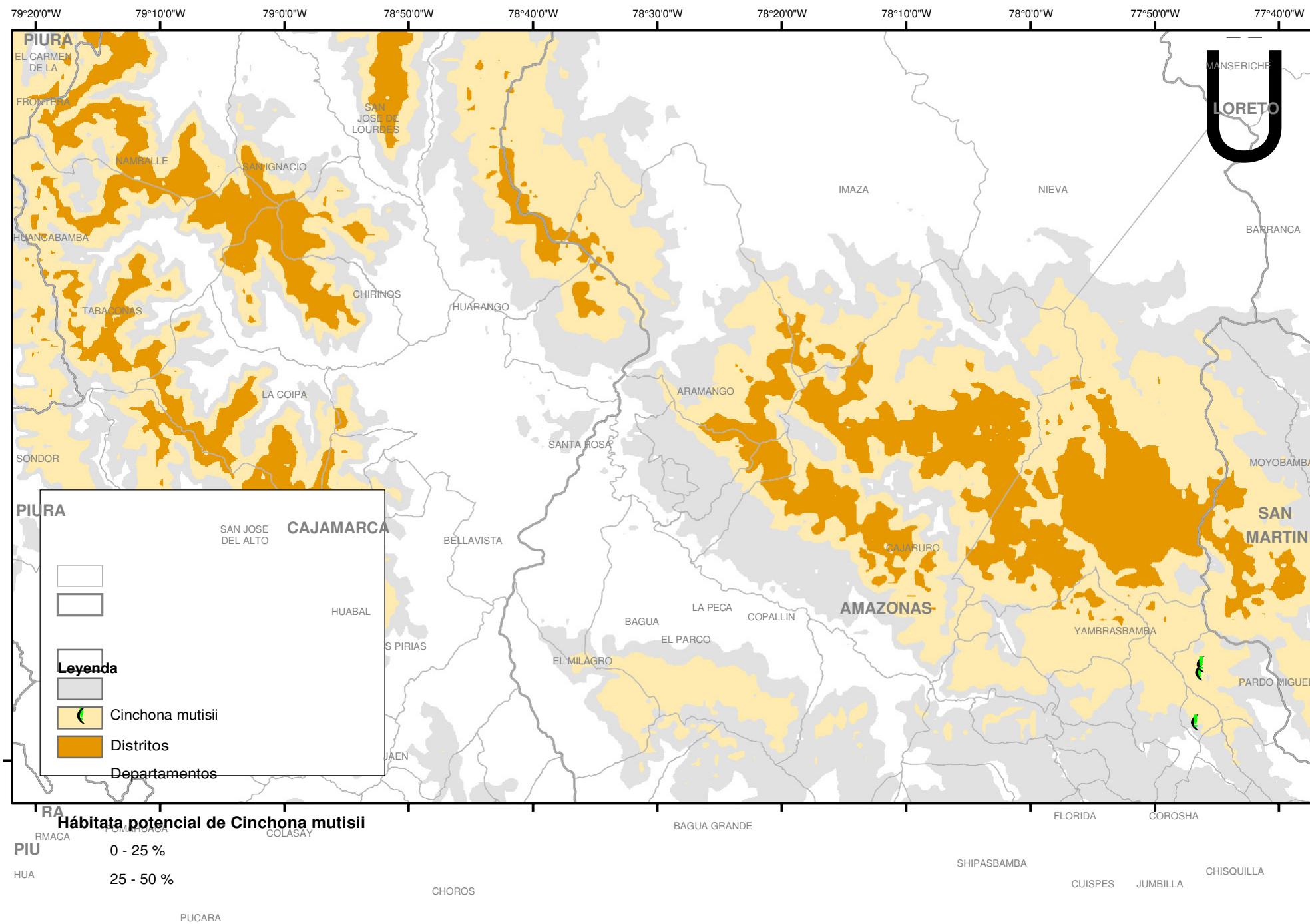
PATA

C

en el norte de Perú



en el norte de Perú



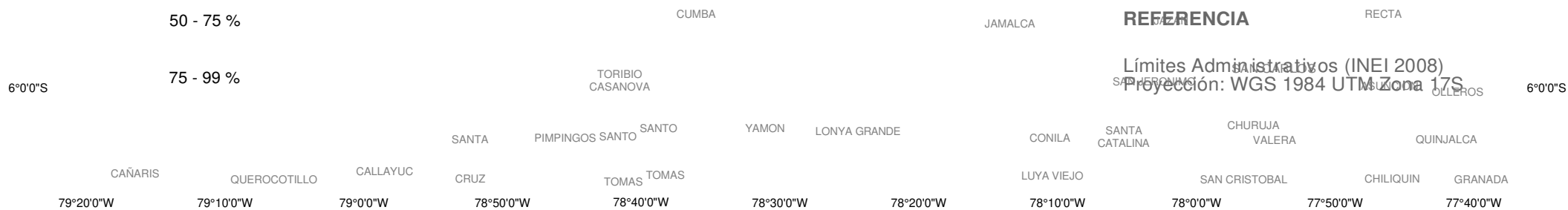
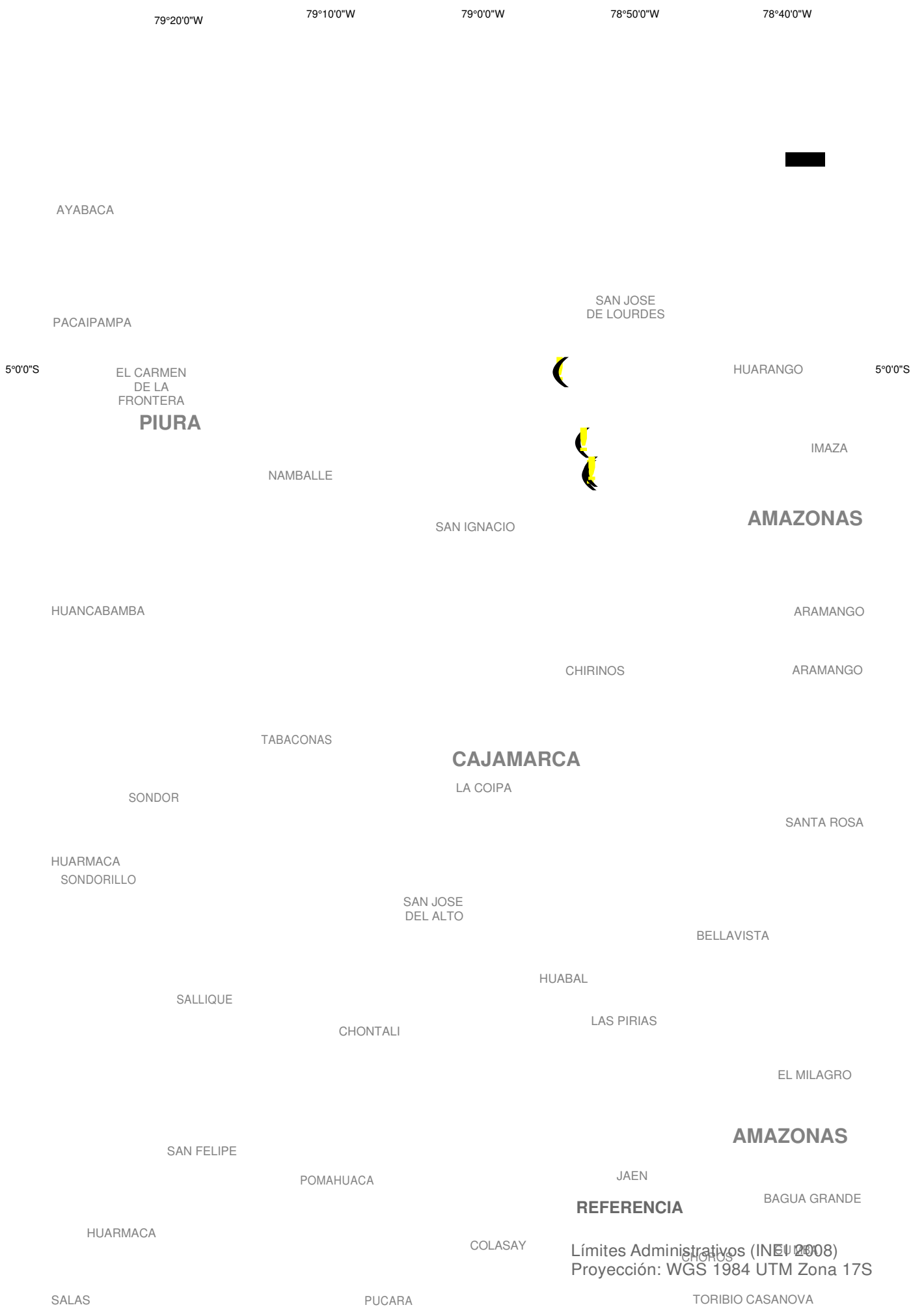
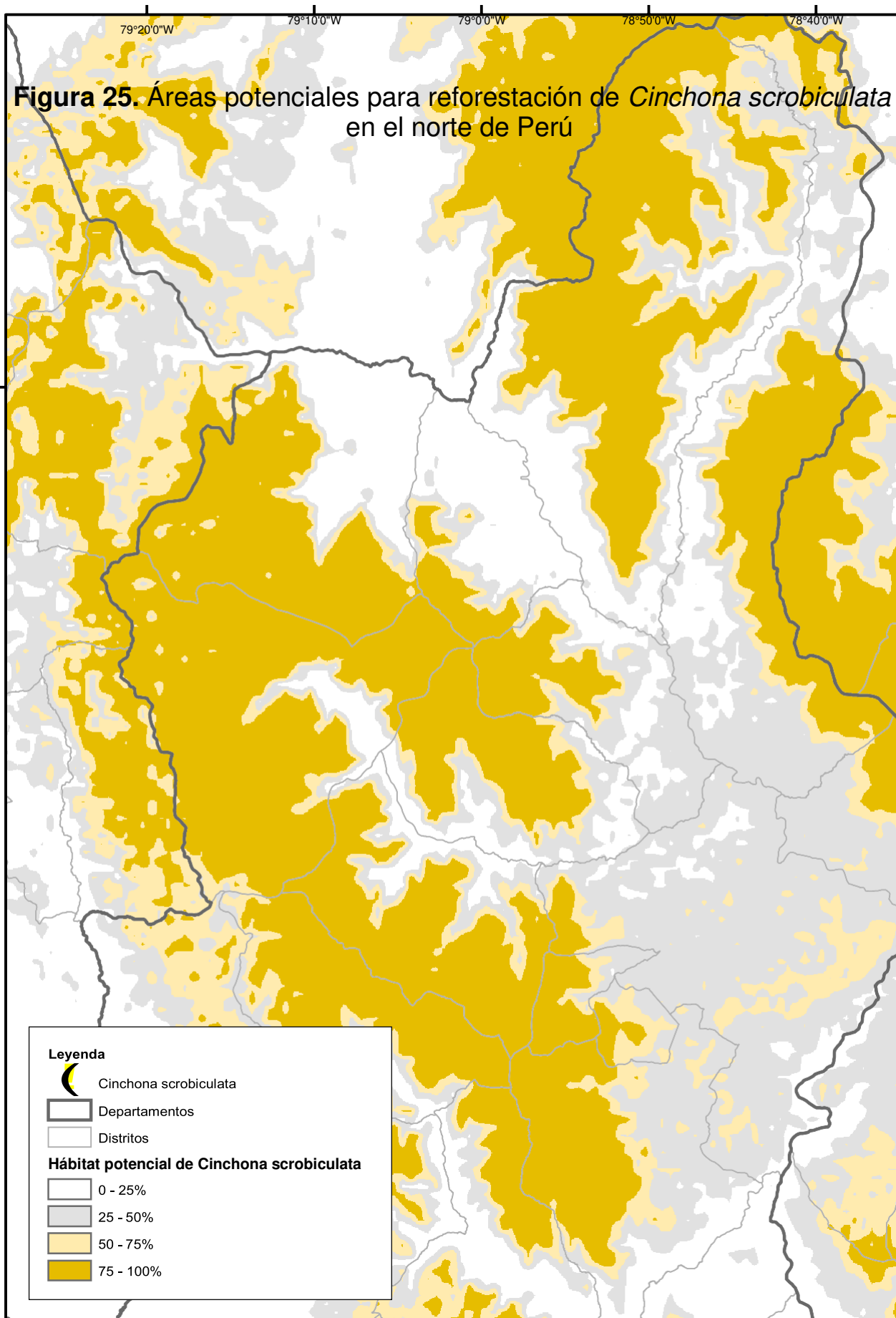


Figura 24. Áreas potenciales para reforestación de *Cinchona mutisii* en el norte de Perú





8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1. Evaluación morfológica de las seis especies de *Cinchona*

A pesar de que la depresión de Huancabamba es la barrera más importante para la diferenciación del género *Cinchona* y que implique que en términos geológicos es muy reciente (Andersson 1998), se han determinado diferencias taxonómicas entre las seis especies de *Cinchona*. Los caracteres que pueden distinguirse en campo entre una y otra especie de *Cinchona* son: el porte, la forma y consistencia de las hojas, tipo de inflorescencia y consistencia del endocarpo. Mientras que, los caracteres que requieren de la observación más detallada en laboratorio son: la presencia del domacio, el indumento de la hoja, el indumento del fruto y el margen de la semilla.

Es importante indicar que la consistencia del endocarpo debe observarse en frutos maduros (cápsulas), pues su consistencia varía cuando son inmaduros. Lo mismo ocurre con las hojas, ya que es preferible considerar las hojas maduras que se encuentran en la base del eje de la inflorescencia, pues presentan menor variación a diferencia de las inmaduras o juveniles que se encuentran en pleno desarrollo.

Los resultados estadísticos de los caracteres morfológicos cuantitativos dejan de manifiesto que existen diferencias significativas ($p\text{-valor} < 0.05$, prueba de Kruskal-Wallis) entre las seis especies de *Cinchona*; y que además se encuentran dentro de los rangos mencionados por Andersson (1998), por lo que se confirma la identificación de cada especie (Tabla 21).

Las especies de *Cinchona capuli*, *Cinchona officinalis* y *C. lancifolia* podrían confundirse en campo, ya que su distribución se encuentra cercana a la depresión de Huancabamba y comparten algunos caracteres como el porte (arbóreo o arbustivo) y forma de hojas (elíptica u ovo lanceoladas). Sin embargo, las especies de *Cinchona nitida*, *C. scrobiculata* y *C. mutisii* son factibles de distinguirlas en campo porque están registrados en departamentos distintos y presentan caracteres morfológicos actualmente diferenciables.

No se consideraron las medidas de los caracteres florales, debido a que no se contaba con suficiente material para realizar la morfometría; por lo que se emplearon los datos de Andersson (1998) para completar esta sección. Además, se conoce que este género como otros de la familia Rubiaceae se caracterizan por presentar alto grado de heterostilia, los cuales presentan mayor variación (Sobrevila *et al.*, 1983, Richards & Koptur, 1993; Faivre & McDade, 2001; Coelho & Barbosa, 2003; Consolaro *et al.*, 2005);

y por tanto se requiere de una muestra representativa para reflejar rangos consistentes de las estructuras florales. Cabe precisar que, un estudio de biología floral más detallado complementaría las descripciones realizadas en el presente estudio. La heterostilia ocurre por la ineficacia o carencia de polinizadores, reproducción clonal o perturbación ambiental (Sobrevila *et al.*, 1983; Li & Johnston, 2001; Consolaro *et al.*, 2005; Machado *et al.*, 2010). Y aunque la heterostilia ha sido ampliamente reportada en otros géneros de la familia, se requieren trabajos de este género sobre los polinizadores, la relación entre la variabilidad fenotípica floral y el éxito reproductivo, para así poder entender mejor su mecanismo de supervivencia.

Tabla 21. Comparación de los caracteres morfológicos cuantitativos obtenidos en el presente estudio y en el de Andersson (1998)

Carácter morfométrico		<i>C. capuli</i>	<i>C. nitida</i>	<i>C. lancifolia</i>	<i>C. mutisii</i>	<i>C. scrobiculata</i>	<i>C. officinalis</i>	p-valor
Largo (Andersson 1998)		6.1-21	5.6-16	6.3-15	2.8-7	13-25	6-11	-
Hojas (cm)	Largo (Estudio 2020)	6.2-21 (10.36±2.3)	11-19.5 (14.31±2.5)	7-11 (9.2±1.04)	2.7-5 (3.5±0.79)	13.5-27 (18.84±4.15)	4.8-7.7 (6.36±0.89)	**
	Ancho (Andersson 1998)	2.6-6.2	2.2-6.5	2.5-5.6	1.4-3.4	7.2-11	3-4.6	-
	Ancho (Estudio 2020)	3.7-12.8 (5.74±1.45)	5-10.6 (6.94±1.65)	3.5-5.9 (4.43±0.72)	1.5-2.6 (2.08±0.32)	6.4-15.4 (9.66±2.19)	2.5-6 (3.87±0.98)	**
	Nº pares de venas (Andersson 1998)	6-7	8-10	4-7	7-10	11-14	6-8	-
	Nº pares de venas (Estudio 2020)	6-7	8-9	6-8	5-6	10-11	5-6	-
Pecíolo	Largo (Andersson 1998)	1.1-2.2	0.6-1.9	0.7-3	0.5-1.3	0.4-2	0.9-2.5	-
	Largo (Estudio 2020)	0.9-3.5 (1.65±0.54)	0.5-1.3 (0.95±1.16)	1-2 (1.46±0.38)	0.6-3.2 (1.98±0.93)	0.2-2 (0.61±0.5)	0.7-2.1 (0.07±0.33)	**
Estípula (mm)	Largo (Andersson 1998)	1-4.1	1.1-2.2	1.2-2.5	0.7-1.7	1.8-2.8	1.1-2	-
	Largo (Estudio 2020)	0.9-2. (51.41±0.3*)	1.2-2.3 (1.75±0.3*)	0.9-1.9 (1.32±0.47)	0.5-0.8 (0.65±0.21)	2-2.9 (2.43±0.37)	1.5-1.6 (1.55±0.07)	**
	Ancho (Andersson 1998)	0.5-2.8	0.5-0.8	0.6-0.8	0.5-1	0.7	0.5-1	-
	Ancho (Estudio 2020)	0.3-1.2 (0.62±0.17)	0.5-1 (0.81±0.2)	0.5-0.8 (0.63±0.10)	0.3-0.35 (0.33±0.21)	0.7-0.8 (0.65±0.06)	0.5-0.55 (0.53±0.04)	**
Fruto (mm)	Largo (Andersson 1998)	13-30	12-23	10-28	11-21	5-18	10-20	-
	Largo (Estudio 2020)	7-43.9 (21.1±0.83)	32.1-39.4 (35.5±0.2)	20.6-36.8 (32.1±0.44)	18.6-25.9 (21.4±0.25)	0.9-2.3 (13.7±0.30)	27.6-38.5 (32.7±0.31)	**
	Ancho (Andersson 1998)	5-6	4-5	5-7	7-10	3-6	6-10	-
	Ancho (Estudio 2020)	4-15.3 (7.38±0.27)	5.9-9.1 (7.4±0.1)	8.9-14 (11.5±0.2)	5.3-6.9 (5.9±0.57)	4.5-9* (6.28±1.16)	12.1-15.3 (13.7±0.08)	**
Semillas (mm)	Largo (Andersson 1998)	7.3-8.5	6.1-15	7-11	6.2-7.1	3.7-6.3	5.1-5.3	-
	Largo (Estudio 2020)	5.00-7.45 (5.89±0.58)	5.44-10.86 (7.68±1.07)	5.08-9.21 (7.3±1.08)	4.57-6.69 (5.38±0.50)	4.5-9* (6.28±1.16)	4.35-6.89 (5.26±0.78)	**
	Ancho (Andersson 1998)	0.8-2.3	1.5-1.6	1.8-4.6	3.1-3.5	1.5-2	2.3-2.9	-
	Ancho (Estudio 2020)	1.94-3.97 (2.97±0.41)	1.45-2.63 (2.03±0.28)	1.73-4.88 (3.26±0.63)	1.64-2.59 (2.12±0.28)	1.7-2.5 (2.11±0.17)	2.91-4.5 (3.45±0.51)	**

(±): valor promedio ± desviación estándar; (**) Existe diferencias significativas entre las seis especies en cuanto al carácter morfométrico medido (p-valor < 0.05, prueba de prueba de Kruskal-Wallis), (-) no se realizó prueba estadística.

8.2. Estado actual de conservación de las seis especies de *Cinchona*

8.2.1. Distribución geográfica de las seis especies de *Cinchona*

Desde las investigaciones de Zevallos (1989), Standley (1931b), Standley (1931c), Andersson (1998), León *et al.* (2006) y Albán (2013), se ha observado una serie de actualizaciones del rango de distribución de las seis especies (Tabla 22). Tal es el caso de *Cinchona nitida*, ya que actualmente se distribuye en los departamentos de Junín y Huánuco. Para asegurar tal afirmación, se revisaron todas las muestras botánicas depositadas en los herbarios de San Marcos (USM), La Molina (MOL) y Oxapampa (HOXA); y además se visitaron varias localidades del departamento de Pasco (Bosque de Protección Municipal Sho'ilet, San Alberto, Chacos y Chontabamba), desestimándose su presencia en Pasco (Albán 2013).

Cinchona officinalis, fue inicialmente reportada en diez departamentos ubicados en la cordillera sur, centro y norte de los Andes (Zevallos, 1989); sin embargo, muchas de esas muestras botánicas correspondieron a otra especie, reduciéndose así su distribución a los departamentos de Cajamarca y Piura (Albán, 2013). El presente estudio amplía su presencia en Piura, posiblemente esta distribución pueda extenderse a las áreas limítrofes con Cajamarca; tal y como se predice, según el modelamiento de nicho ecológico obtenido en el presente estudio.

Cinchona scrobiculata, es una especie que cuenta con pocos registros a nivel mundial, pero desde la revisión de Andersson (1998) se confirma su presencia en el Perú en el departamento de Cajamarca (Tabla 22). Por ello, se presume que esta especie podría ser otra endémica para Perú, pues la mayoría de las muestras botánicas fueron colectadas en el Perú y apenas existe un ejemplar colectado por Quizhpe y colaboradores en el año 2008, en la localidad de Parroquia Surmi. Comunidad Yawi. Cordillera del Cóndor (Zamora Chinchipe, Ecuador) y que por el momento si se consideró en su distribución, ya que la descripción de su hábitat de bosque denso achaparrado, con suelo muy húmedo y con roca arenisca, coincidió con el hábitat descrito en Perú. No obstante, es válido realizar una visita por las fronteras del sur de Ecuador para confirmar su presencia.

Cinchona capuli y *Cinchona mutisii*, fueron registradas en Perú por Albán, (2013), el presente estudio actualiza sus distribuciones a los departamentos de Piura y Amazonas respectivamente (Tabla 22). Si bien es cierto, *C. capuli* y *C. mutisii* han sido reportadas como

endémicas para Ecuador (Andersson 1998), los nuevos registros reportados por el presente estudio corroboran la ampliación de su distribución hacia el norte del Perú.

Cinchona lancifolia, es registrada por primera vez en el Perú en el departamento de Piura (Tabla 22). a escala global, su distribución sería la más amplia a comparación de las otras cinco especies, pues también está registrado en Venezuela, Colombia y Ecuador.

Tabla 22. Distribución de seis especies de *Cinchona* y las actualizaciones del rango de distribución en el Perú.

Especie	Distribución Zevallos (1989)	Distribución (Andersson, 2015)	Distribución (Albán, 2013)	Distribución (Presente estudio)
<i>Cinchona capuli</i> L. Andersson	-	-	CU, PA	PI
<i>Cinchona lancifolia</i> Mutis	-	-	-	PI
<i>Cinchona mutisii</i> Lamb.	-	-	CA	AM
<i>Cinchona nitida</i> Ruiz & Pav.	HU	HU	HU, PA	HU, JU
<i>Cinchona officinalis</i> L.	AM, CA, PI, LA, SM, HU, PA, JU, MD, PU	-	CA, PI	PI
<i>Cinchona scrobiculata</i> Bonpl.	-	CA	CA	CA

AM: Amazonas, CA: Cajamarca; CU: Cusco. HU: Huánuco; JU: Junín; MD: Madre de Dios; PA: Pasco; PU: Puno; PU: Puno; SM: San Martín, (-): sin registro.

Con relación a los rangos altitudinales por especie, se observó que todas, excepto *Cinchona officinalis* y *C. nitida*, no fueron significativamente diferentes a los rangos mencionados en la revisión de Andersson (1998), según la prueba U de Mann-Whitney (p -valor > 0.05) (Figura 26).

La distribución altitudinal de *Cinchona officinalis* se amplía con relación a lo reportado por Andersson (1998), debido a que la gran mayoría de reportes (media de altitud) presentó un mayor valor de altitud que Andersson; es decir entre 1300 y 3300 m.s.n.m. Mientras que para *C. nitida* se restringe su distribución altitudinal, ya que es una especie endémica cuyo rango altitudinal fue obtenido por la revisión de ocho registros más, indicando así un rango entre 1800 a 2400 m.s.n.m.

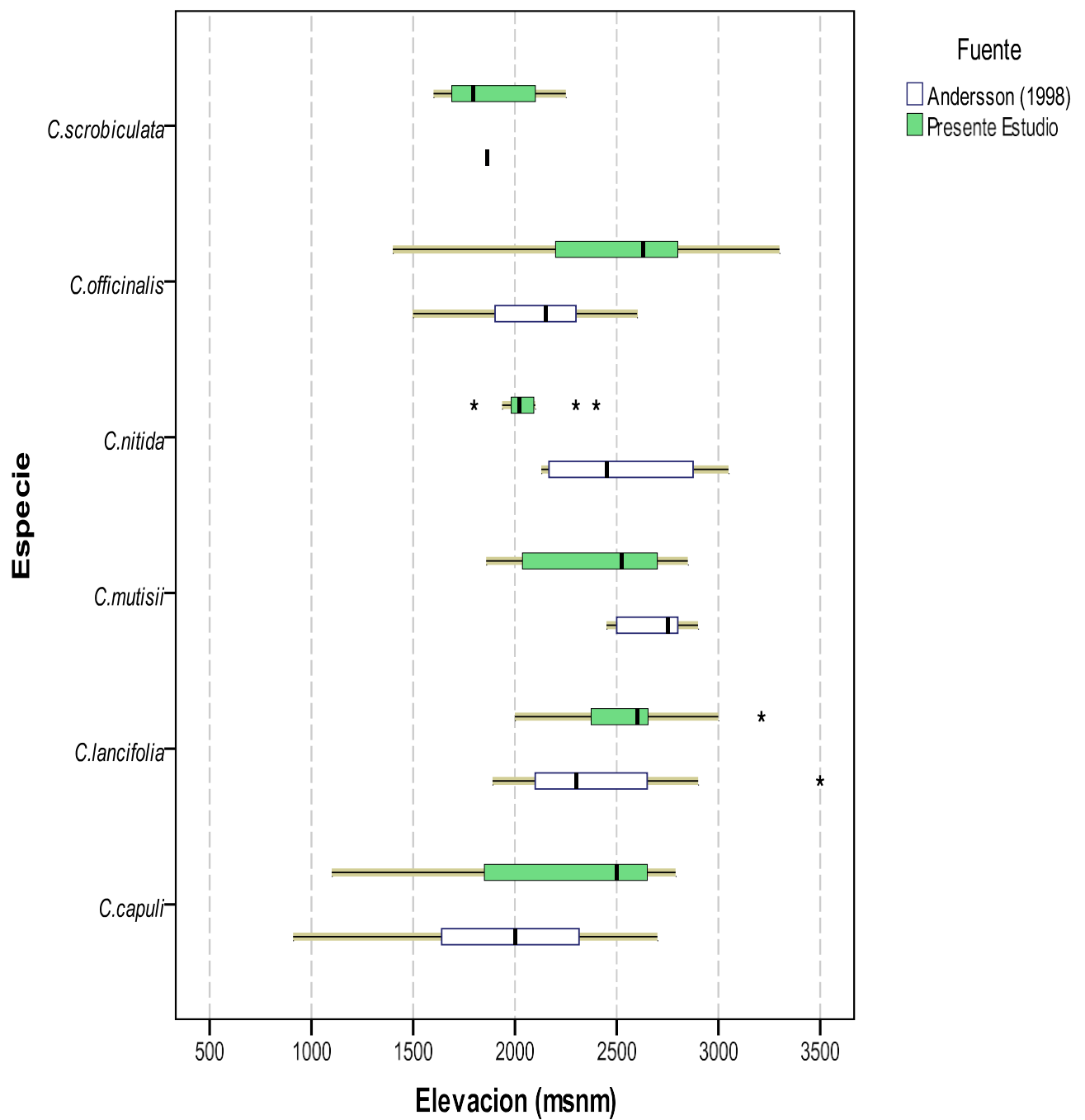


Figura 26. Rango altitudinal para cada especie de *Cinchona* usando diagrama de cajas que indican los cuartiles (altitudes mayores y menores), la media (altitud promedio).

Las cajas de color verde fueron referencia de Andersson (1998) y las cajas de bordes negros del presente estudio. No se muestran diferencias significativas entre los rangos altitudinales de *C. capuli*, *C. lancifolia*, *C. mutisii* y *C. scrobiculata* (Mann-Whitney U-test, $p > 0.05$).

8.2.2. Confinamiento de las seis especies de *Cinchona*

Los datos calculados de Extensión de ocurrencia (EOO) y Área de ocupación (AOO) de las seis especies de *Cinchona* son válidos, puesto que la revisión de muestras botánicas e identificación taxonómica de las muestras colectadas en campo fue minuciosamente procesada. Asimismo, aquellas etiquetas de herbario que incluían coordenadas incorrectas o inexactas, principalmente de aquellas colecciones antiguas, no fueron consideradas a fin de no implicar un error en la interpretación de los resultados. Es de esperar que los errores de georreferenciación a veces solo pueden ser detectados por un examen cuidadoso de todos los registros por un experto (Graham *et al.*, 2004). En algunos casos, se estimó la coordenada basada a la información disponible en las etiquetas, evitando así una desviación que podría implicar una interpretación errónea. Esto no solo afectaría la determinación de su distribución geográfica, sino también la reconstrucción de las áreas potenciales de las especies de *Cinchona*.

Sin embargo, para la categorización del estado de conservación de seis especies de *Cinchona* de los Andes del norte y centro del Perú, se ha considerado exclusivamente los valores del Área de ocupación (AOO), debido a que se trata de la distribución espacial que más se ajusta acorde con la realidad según los registros actuales. En cambio, los valores de la Extensión de ocurrencia (EOO) están muy influenciados por la distancia entre registro y registro; por ejemplo, si los puntos están muy cerca forman un polígono tan pequeño cuya área está muy por debajo de los umbrales de la IUCN; y si están muy distanciados forman un polígono tan grande cuya área subestima la dispersión espacial de las poblaciones de una planta, puesto que se incluyen áreas deforestadas, ciudades, entre otros. Estas desventajas permiten considerar que el Área de ocupación (AOO) es la que se ajusta de manera apropiada a la delimitación espacial de poblaciones de especies vegetales; y es por ello que, se considera en el presente estudio. Cabe precisar que, se requiere de una clasificación de intervalos que permitan evaluar la categoría de conservación a la que pertenece una especie, es por ello, que se consideró una relación proporcional del área de ocupación (AOO) nacional y el área de ocupación mundial.

En relación con los valores de Área de ocupación (AOO) de *Cinchona capuli*, *C. lancifolia* resultaron ser superiores a *Cinchona mutisii*, *C. nitida*, *C. officinalis* y *C. scrobiculata*. Esto se debió a que las dos primeras especies presentaron un mayor número de registros con respecto a las otras cuatro especies de *Cinchona*. Es de esperarse que estos valores se actualizarán en posteriores estudios a medida que se recabe más información.

8.2.3. Tamaño poblacional de las seis especies de *Cinchona*

Las poblaciones de *Cinchona capuli* ubicadas en áreas sin intervención antrópica presentaron mayor número de individuos totales que en las áreas con poca intervención antrópica, debido a que fueron poco accesibles para desarrollar actividades como agricultura y ganadería. Además, se infiere que la condición fisiográfica influyó en el tamaño poblacional, ya que en las áreas con pendiente entre 45° y 50° se registraron más individuos totales que en las áreas con pendiente entre 30 y 40°. Así como la fisiografía, puede haber otros factores que influyen en la cantidad de individuos de *C. capuli*; sin embargo, eso todavía es un paradigma para resolver y se espera que posteriores estudios sobre la temática de reforestación puedan aportar en ello. Lo cierto es que, cada localidad presenta sus propias condiciones climatológicas y fisiográficas; por lo que el tamaño poblacional es particular en cada lugar.

Las poblaciones de *Cinchona officinalis* fueron afectadas por la quema y el crecimiento urbano, por lo que no han podido ser evaluado con detalle. Lamentablemente, estas actividades son frecuentes en bosques montanos y páramos del norte de Perú (Rasal *et al.*, 2012). Otro factor que influyó negativamente en la supervivencia de la especie es la naturaleza de su semilla. Aun cuando su tamaño pequeño, peso ligero y forma favorecen su dispersión; sus rasgos internos y la poca disponibilidad de recursos impiden tener éxito en la germinación (Weigend *et al.*, 2005; Romero, 2015; Ocaña & Lombardi, 2016). Ello explica por qué posiblemente no se observó abundancia de plántulas durante las expediciones realizadas entre el 2016 y 2017. Cabe precisar, que posteriores estudios de reforestación *in situ* podrían evaluar dicha hipótesis.

Para el caso de *Cinchona scrobiculata*, la limitada intensidad de luz solar puede ser un factor limitante en el desarrollo de la especie, ya que otros arbustos enanos, orquídeas terrestres y muchos helechos compiten con el espacio, provocando así que el porte sea un árbol con tallo ramificado mayormente en la parte proximal superior, aparentando ser un paraguas. Otro factor determinante definitivamente es la degradación de su hábitat por la quema ocasionada QUE AÑO en la localidad de San José de Lourdes.

en el caso de *Cinchona nitida*, se observó que el viento y la exposición solar influyeron en el desarrollo de la especie, sin embargo, la pérdida de hábitat y la actividad antrópica claramente amenaza su persistencia, provocando así su extinción a futuro. La densidad de plántulas de *Cinchona mutisii* fue muy alta y dependió fuertemente de las características del

suelo y la intensidad lumínica, porque al parecer se adaptan muy bien en espacios abiertos, a pesar de estar limitada por la pendiente agreste.

8.2.4. Amenazas de las seis especies de *Cinchona*

Se confirma que existen poblaciones de *Cinchona capuli* dentro del Área de Conservación Privada Bosques de Neblina y Páramos de Samanga, ya que ésta forma parte del corredor biológico transfronterizo que se conecta con el Parque Nacional de Podocarpus en Ecuador, donde fue registrado la especie hace años anteriores. Entre el 2007 y 2009, el instituto de montaña apoyó para la ejecución de un plan participativo de manejo de páramos en el Sector El Toldo, con la finalidad de realizar un manejo adecuado de recursos que brindan estos ecosistemas. Sin embargo, *Cinchona capuli* aún no es considerada por el Sector El Toldo como un recurso medicinal que podría generar ingresos económicos debido a que no tiene conocimiento de su presencia en sus territorios.

Por otro lado, poblaciones de *Cinchona capuli* registradas cerca del bosque montano de Cuyas Cuchayo, Chanuran y Molinos de Sangulí no han sido severamente afectadas, puesto que aún mantiene su composición típica de bosques montanos del norte y noreste del Perú (Rasal *et al.*, 2012; Weigend *et al.*, 2010; Galán de Mera *et al.*, 2015; Llatas-Quiroz, López-Meneses, 2005; Arroyo *et al.*, 2008; Sánchez & Grados, 2007). A pesar de que habitantes de lugar informaron que los bosques fueron fragmentados por la aparición de trochas y áreas de cultivo aledaños.

Muchas especies con distribuciones locales o restringidas no son tan sensibles a las actividades antrópicas como generalmente se supone (Ibisch *et al.*, 2001). Por ejemplo, en el neotrópico, un alto porcentaje de bromelias endémicas habitan en áreas abiertas; muchos de ellas se benefician con la deforestación en lugar de estar en peligro (Ibisch, 1998; Ibisch *et al.*, 2001). Sin embargo, muchas de esas especies (por ejemplo, *Puya* spp.) aparecen como vulnerables o amenazada según la lista de la IUCN. Lo mismo podría ocurrir con *C. lancifolia*, pues en las localidades de Cataluco y El Bosque de Mijal, sus estructuras poblacionales no han sido afectadas; y debido a ello su categoría actual es de Atención Especial (AE).

Lo contrario ocurre con *Cinchona nitida* y *Cinchona scrobiculata*, ya que son especies aparentemente sensibles a la perturbación antropogénica. varias investigaciones indican que la fragmentación del hábitat usualmente causa una declinación en el tamaño y la densidad poblacional, además altera las condiciones abióticas y bióticas Faaborg *et al.* (1993) y Saunders *et al.* (1991). Si el tamaño y densidad poblacional están positivamente

correlacionados con la calidad de hábitat, el tamaño de la planta y el éxito reproductivo puede incrementar (Leimu *et al.*, 2006).

Cinchona mutisii podría ser la especie menos afectada por la actividad antropogénica, porque se encuentra en áreas inaccesibles para desarrollar actividades como agricultura o ganadería, por la pendiente muy agreste. Además, se encuentra dentro de un área de conservación privada. Sin embargo, se presume que sus poblaciones se encontrarían limitadas en espacio debido a esas condiciones topográficas en las que se encuentran.

8.2.5. Protección de las seis especies de *Cinchona*

Pese a que tres de las seis especies de *Cinchona* se encuentran cerca o dentro de áreas naturales protegidas, es necesario mencionar que a veces por la falta de ingresos económicos o desconocimiento, muchas de aquellas áreas sufren de cambio de uso de suelo. Un ejemplo es el Santuario Nacional Tabaconas Namballe, donde posiblemente se encuentran poblaciones de *Cinchona officinalis* o *Cinchona lancifolia* según el modelamiento de nicho ecológico obtenido en el presente estudio. De ser así, se espera que las poblaciones no estén siendo afectadas directa e indirectamente por actividades como quemadas, agricultura migratoria, ganadería y tala ilegal.

En el centro poblado de Cataluco, provincia de Huancabamba, las poblaciones de *Cinchona lancifolia* se encuentran amenazadas producto de la expansión de cultivos de Pinos y Eucalipto, y constante ganadería caprina. Los habitantes aún mantienen la costumbre ancestral de quemar antes de las lluvias para asegurar el crecimiento de más pastos. Esto afectaría de alguna manera la supervivencia de *Cinchona lancifolia* a largo plazo. No obstante, algunas poblaciones de esta especie registradas durante el 2017 fuera del área de protección, se mantienen a salvo porque aquellos parches relictos sirven como cercos de caminos o trochas que dirigen al área, pero no se garantiza que aquellas se mantengan presentes dentro del área.

Estos resultados aportan de manera muy valiosa en la determinación del estado de conservación, pero es válido indicar que no se ha podido complementar los datos de ocurrencia de especies de *Cinchona* dentro de ANPs porque sus planes maestro contienen listados de taxones identificados hasta familia y género, muy pocas veces hasta especie. Asimismo, se considera que una adecuada caracterización de poblaciones de especies vegetales aportaría a la eficacia de la conservación. Esta última premisa coincide con lo

afirmado por Diamond, (1975, 1984); Shaffer (1981); Margules & Usher, (1981); Miller (1982) y Patterson (1987).

Categorización de las seis especies de *Cinchona*

Si se compara las categorías del estado de conservación planteados en la presente investigación con los anteriores estudios (Zevallos, 1989; León *et al.*, 2006) para Perú, los valores de vulnerabilidad son nuevos. En otras palabras, las seis especies no fueron anteriormente categorizadas por la escasa información de su distribución geográfica, desconocimiento del estado poblacional y amenazas potenciales. De esta manera, se considera que la información brindada en este estudio es valioso y consistente, y puede ser complementada con futuras investigaciones.

Por otro lado, la comparación de las categorías a escala mundial de la IUCN (2020) y el presente estudio, indican que *Cinchona capuli* y *C. mutisii* mantienen su estado actual, con la diferencia que hoy en día los valores de área de ocupación y extensión de ocurrencia se basan en un mayor número de registros y la verificación taxonómica. Y *C. lancifolia*, *C. nitida*, *C. officinalis* y *C. scrobiculata* no han sido evaluadas anteriormente, representando así información primaria que podría ser considerada a futuro (Tabla 23).

Tabla 23. Categorías de conservación de seis especies de *Cinchona* en los Andes del centro y norte del Perú

Especie	Categoría a escala nacional			Categoría a escala mundial ^b	
	Zevallos (1989)	León <i>et al</i> (2006)	Presente Estudio ^a	IUCN (2020)	Presente Estudio
<i>Cinchona capuli</i>	-	-	AE(VU)	NT	NT
<i>Cinchona lancifolia</i>	-	-	NP (LC)	-	LC
<i>Cinchona officinalis</i>	-	-	PR (EN)	-	VU
<i>Cinchona mutisii</i>	-	-	AE(VU)	EN	EN
<i>Cinchona nitida</i>	-	-	PR (EN)	-	CR
<i>Cinchona scrobiculata</i>	-	DD	PM (CR)	-	EN

^a: a base de información más detallada, ^b: a base de AOO y EOO, LC: Preocupación Menor, EN: En Peligro; DD: Datos insuficientes; VU: Vulnerable; CR: En Peligro Crítico; AE: Atención Especial; PR: Prioridad y PM: Prioridad Máxima.

Los pocos registros encontrados de *Cinchona scrobiculata* (EOO de 5 Km², AOO de 20 km² con cuadrillas de 2 km² u AOO de 5 m² con cuadrilla de 2 km²), la escasa cantidad de individuos adultos (6 individuos), la posible desaparición de sus poblaciones en 10 años y las amenazas como la quema, indica que se trata de una especie con Prioridad Máxima (PM) de conservación, equivalente a la categoría En Peligro Crítica (CR).

Para el caso de *Cinchona nitida*, por ser un taxón endémico, corresponde a la categoría “Con Prioridad” (PR) de conservación o En Peligro (EN) a escala nacional y mundial, debido a que el tamaño poblacional promedio fue de 38 individuos adultos, sus poblaciones restringidas a un área pequeña posiblemente desaparecerán en 30 años; y actualmente está afectado por amenazas como la construcción de carreteras. Los valores de AOO y EOO, las amenazas como la quema y la construcción de carreteras; y la distribución restringida de *Cinchona officinalis* han permitido indicar que la especie es de Prioridad (PR) de conservación o En Peligro (EN); sin embargo, es válido decir que futuras investigaciones sobre la determinación de su tamaño poblacional y biología reproductiva podrían confirmar dicho resultado.

Es así, que las tres especies mencionadas líneas arriba deberían ser consideradas como especies prioritarias para la conservación, a fin de contar en un futuro con aquellos recursos vegetales.

Cinchona capuli está clasificado a nivel global como “asi amenazado” (NT) según la lista roja de la IUCN. En el Perú es de Atención Especial o Vulnerable (VU). Esta premisa es afirmada también por De Grammont & Cuarón (2006) y Ginsburg (2001), ya que indican que una especie que es amenazada a nivel global podría no estar amenazada a escala regional; así como una especie amenazada en alguna región no necesariamente lo estará a escala global. Sin embargo, *Cinchona lancifolia* presenta la categoría de preocupación menor (LC) a nivel global y regional, debido a sus altos valores de Área de Ocupación y Extensión de ocurrencia.

Asimismo, se debe tener mucho cuidado para la categorización de una especie; lo más adecuado es tratar de analizar al taxón con la mayor cantidad de información disponible sobre su distribución geográfica, abundancia, disponibilidad de hábitat y nivel de explotación. Esto reafirma lo indicado por De Grammont & Cuarón (2006), ya que menciona que la determinación del estado actual deberá considerar parámetros tales como la abundancia y

distribución. Aunque, algunos criterios aplicados en el estudio sean subjetivos (Extrativismo y viabilidad poblacional), la idea es poder aplicarlas porque reflejarán la situación actual más cercana a la realidad y ser reevaluado con respecto a todos los siete criterios para obtener un estado más certero.

Por último, se debe resaltar que la categoría de conservación de amenaza no es necesariamente suficiente para determinar las acciones que se deben desarrollar para la protección de estas especies. La categoría de vulnerabilidad simplemente proporciona una evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestre en las condiciones actuales; pero, las acciones de conservación deberán ser desarrolladas por entidades estatales como el Ministerio del Ambiente, Gobiernos Regionales, Municipalidades, Organismos No Gubernamentales, ya que tendrán que evaluar la disponibilidad de fondos, la logística, probabilidad de éxito de las acciones, tiempo y marcos legales.

8.3. Ventajas y Desventajas de la metodología adaptada para evaluación del estado actual de especies

La metodología aplicada en el presente estudio es repetible incluso con pocos datos y proporciona una estimación rápida; mientras que, cuando se utiliza el sistema de la IUCN es común encontrar que los datos no son suficientes para llegar a uno o más criterios. En la sección 6 se puede apreciar que los rangos de clasificación de los criterios para la determinación del estado actual fueron bastante claros y fáciles de aplicar; y ayudarían a estimar la categoría de conservación; además, la inclusión de criterios cuantitativos aporta un mayor soporte en la evaluación de la categorización.

La otra ventaja es que los resultados reflejaron que la integración de los métodos ajenos a la IUCN adicionó información valiosa que aportó a la estimación del estado actual de manera más informativa e integradora. Sin embargo, no quiere decir que la metodología fue completamente ajena porque se consideraron los criterios de la IUCN; por ejemplo, el criterio de distribución geográfica fue obtenido a partir de los datos de área de ocupación y extensión de ocurrencia, el tamaño poblacional por la cantidad de individuos y las amenazas al hábitat.

Es más, la forma de obtención de los criterios generaría evaluaciones más objetivas, pudiendo así ser más fáciles de aplicarlas en otros estudios. Esta premisa se afirma con los

resultados del estudio realizado por Feria *et al.* (2009) sobre la categorización de 16 especies del género *Polianthes* (Familia Agavaceae) en México.

Es así, como el análisis de los criterios, la revisión de los ejemplares de herbario, la verificación de las localidades de presencia y la revisión de literatura específica brindaron un primer alcance del estado actual para las seis especies presentadas en el presente documento.

Como toda metodología, existen algunas desventajas y una de ellas es que la cantidad de estudios realizados en el Perú es casi nula. Los únicos estudios que incluyen algunos de estos criterios fueron Reynel (1986) con la familia Moraceae y De la Cruz *et al.* (2005) con especies silvestres útiles de Canta. Los demás estudios fueron realizados en otros países como Bolivia (Ibisch, 1998; Ibisch *et al.*, 2001; Vásquez & Ibisch, 2000), México (Feria *et al.*, 2009).

Otra desventaja es que los rangos de clasificación para estimar el estado actual de conservación no están cuantificados como en el sistema de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza; pero no se desmerecería ya que se ha considerado los rangos aplicados en otros estudios (Reynel, 1986; De la Cruz *et al.*, 2005; Ibisch, 1998; Ibisch *et al.*, 2001; Vásquez & Ibisch, 2000; Feria *et al.*, 2009; Reza *et al.*, 1994). Finalmente, la otra desventaja es que la evaluación del tamaño poblacional puede demandar más tiempo y dinero; y la información usada para categorizar a las especies debe estar disponible para el público mediante un sistema como el que tiene la Unión Mundial para la Conservación (IUCN, 2020), tal como lo afirman De Grammont & Cuarón (2006).

8.4. Áreas potenciales de reforestación

Los puntos de presencia de las seis especies de *Cinchona* se utilizaron para modelar los lugares donde podrían repoblarse las mismas en ambiente similares e indicar los hábitats idóneos que podrían servir para desarrollar planes de reforestación. La información de distribución, amenaza y protección recopilada en el presente estudio fue valiosa para completar la evaluación de conservación de las quinas de Perú. Sin embargo, antes de realizar planes de reforestación la cual requiere de mucha inversión, es necesario tener en claro qué especie es la que se pretende repoblar y cuáles son los motivos para desarrollarlo.

Actualmente, acciones a favor de la conservación de *Cinchona* por parte del Estado peruano no se llevan a cabo. Apenas en el año 2014, hubo una ordenanza municipal N° 003-2016-MDC/A que declaró de interés público la conservación, protección, reforestación y restauración forestal del ecosistema del hábitat del árbol de la Quina en el distrito de Cañaris (departamento de Lambayeque). Las preguntas serían: ¿cuáles son esas especies? ¿Será que todas se encuentran en alguna categoría de amenaza? ¿Es necesario reforestarlas?

Para evitar ello, se prefirió evaluar a las seis especies evaluadas en el norte y centro de Perú, para luego recomendar que *Cinchona nitida* y *Cinchona scrobiculata* requieren ser consideradas en planes de reforestación. Las áreas potenciales de reforestación similares a aquellas en las que se ha observado parecen ser lugares donde podría desarrollarse exitosamente, según las condiciones climáticas. Esto puede no ser siempre cierto, ya que las especies no pueden ocupar espacios que sean afectados por perturbación humana (quemadas, áreas de cultivo, pastizales, carreteras, etc.). Además, no se ha considerado las propiedades del suelo en el modelamiento, a pesar de que influyen aparentemente en la supervivencia de sus poblaciones. Sin embargo, resulta factible comparar los resultados de las propiedades de suelo presentados en la caracterización de hábitat de cada especie con posteriores análisis que se podrían hacer en los lugares donde se desarrollaría la reforestación.

9. CONCLUSIONES

1. El tipo de domacio, márgenes de la semilla y porte son los caracteres cualitativos diagnósticos para diferenciar las seis especies de *Cinchona*. El tamaño de la hoja, fruto y semilla son caracteres cuantitativos diagnósticos que presentaron diferencias significativas entre las seis especies de *Cinchona*.
2. Las especies *Cinchona capuli*, *C. lancifolia*, *C. mutisii* y *C. officinalis* amplían su distribución para el norte de Perú; mientras que, *C. nitida* sigue siendo una especie endémica para Perú.
3. *Cinchona capuli* se distribuye en el distrito de Ayabaca, *Cinchona lancifolia*, en Chalaco y Huancabamba; *C. officinalis* en Sándor; *C. scrobiculata* en San José de Lourdes, *C. mutisii* en Yabrasbamba; y *C. nitida* en Palca y San Ramón.
4. Las poblaciones de *Cinchona capuli* fueron las más abundantes; mientras que, *Cinchona scrobiculata* fue la más escasa.
5. Poblaciones de *Cinchona capuli*, *C. mutisii* y *C. officinalis* se encuentran dentro de áreas protegidas; pero ello no indica que están efectivamente conservadas porque se desconoce su presencia actual.
6. *Cinchona capuli*, *C. lancifolia* y *C. mutisii* son especies con Atención Especial de conservación; *C. nitida* y *C. officinalis* con Prioridad de conservación; y *C. scrobiculata* con Prioridad Máxima de conservación.

10. RECOMENDACIONES

1. Estudios complementarios de polinización podrían ayudar a entender mejor la baja tasa de germinación en algunas especies de *Cinchona*.
2. Monitoreos constantes en campo permitirán comprobar las estimaciones de la viabilidad poblacional a futuro.
3. Es necesario informar a las comunidades locales sobre el estado de conservación de las seis especies de *Cinchona*; así como también orientar a la población sobre la importancia de realizar un manejo adecuado y responsable de los recursos naturales, para lograr un desarrollo que sea sostenible en el tiempo y que asegure el bienestar de las futuras generaciones.
4. Realizar planes y estrategias de conservación en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en conjunto con las comunidades, representaría una buena estrategia.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alba-Sánchez, F., López-Sáez, J. A., Benito de Pando, B., Linares, J. C., Nieto-Lugilde, D., & López-Merino, L. (2010). Past and present potential distribution of the Iberian *Abies* species: A phytogeographic approach using fossil pollen data and species distribution models. *Diversity and Distributions*, 16(2), 214–228. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00636.x>
- Albán, J. (2013). *Etnobotánica de Rubiaceas Peruanas* (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Retrieved from http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4147/Diaz_rc.pdf;jsessionid=C D5A7FF3022F1A5526948369A600356D?sequence=1
- Ambulay, I. (2008). *Etnobotánica en la comunidades campesinas Cuyas-Cuchayo, Joras y Suyupampa del bosque de Cuyas, Ayabaca*. (Tesis para optar el grado de Título Profesional de la Universidad Nacional de Piura).
- Andersson, L. (1995). Tribes and Genera of the Cinchoneae Complex (Rubiaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 82(3), 409. <https://doi.org/10.2307/2399891>
- Andersson, L. (1998). *A revision of the genus Cinchona (Rubiaceae-Cinchoneae)*. Memoirs of the New York Botanical Garden. 80, 1-40.
- Andersson, L., & Antonelli, A. (2005). Phylogeny of the tribe Cinchoneae (Rubiaceae), its position in Cinchonoideae , and description of a new genus , Ciliosemina. *Taxon*, 54(1), 17–28. <https://doi.org/10.2307/25065299>
- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1–20
- Arroyo, S., Rodríguez, E., Leiva, S., Zapata, M., & Mora, M. (2008). El bosque relicto de Cachil (Provincia Gran Chimú, Departamento La Libertad, Perú), un ecosistema que necesita planes de conservación urgente. *Arnaldoa*, 15(2), 289–296.
- Bachman, S., Moat, J., Hill, A. W., de la Torre, J., & Scott, B. (2011). Supporting red list threat assessments with GeoCAT: Geospatial conservation assessment tool. *ZooKeys*, 150(November), 117–126. <https://doi.org/10.3897/zookeys.150.2109>
- Baraloto, C., Molto, Q., Rabaud, S., Hérault, B., Valencia, R., Blanc, L., Fine, P.; Thompson, J. (2012). Rapid simultaneous estimation of aboveground biomass and tree diversity across neotropical forests: A comparison of field inventory methods. *Biotropica*, 45(3), 288–298. <https://doi.org/10.1111/btp.12006>
- Brako, L.; Zarucchi, J. (1993). Catalogue of the flowering plants and Gymnosperms of Perú. Missouri Botanical Gardens, 45, St. Louis, MO. 1286p.
- Britto, B. (2017). Actualización de las Ecorregiones Terrestres de Perú propuestas en el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Perú. *Gayana - Botanica*, 74(1), 15–29. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432017005000318>
- Campos-Ruíz, J., Cerna-Rebaza, L., & Chico-Ruíz, J. (2014). Efecto del ácido giberélico , nitrato de potasio y agua de coco en la germinación de semillas de quina , *Cinchona pubescens* seed germination of *Cinchona pubescens*. *Rebiolest*, 2(1), 1-20.
- Cerrate E. 1964. Manera de preparar plantas para un herbario. UNMSM. *Museo de Historia Natural*, Serie de Divulgación 1.
- Coelho, C., & Barbosa, A. (2003). Biología reproductiva de *Palicourea macrobotrys* Ruiz & Pavon (Rubiaceae): um possível caso de homostilia no gênero *Palicourea* Aubl. *Revista Brasileira de Botânica*, 26(3), 403–413. <https://doi.org/10.1590/s0100-84042003000300013>

- Conde, M., Moreno, J., Eras, V., Minchala, J., González, D., Yaguana, M., & Valarezo, C. (2017). Multiplicación sexual y asexual de *Cinchona officinalis* L., con fines de conservación de la especie. *Tzhoecoen*, 9(1). <https://doi.org/10.26495/rtzh179.121509>
- Consolaro, H., Silva, E., & Oliveira, P. (2005). Variação floral e biologia reprodutiva de *Manettia cordifolia* Mart. (Rubiaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, 28(1), 85–94. <https://doi.org/10.1590/s0100-84042005000100008>
- De Grammont, P., & Cuarón, A. (2006). An evaluation of threatened species categorization systems used on the american continent. *Conservation Biology*, 20(1), 14–27. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00352.x>
- De la Cruz, H., Zevallos, P., & Vilcapoma, G. (2005). “Status” De Conservación De Las Especies Vegetales Silvestres De Uso Tradicional En La Provincia De Canta, Lima–Perú. *Ecología Aplicada*, 4(1–2), 9. <https://doi.org/10.21704/rea.v4i1-2.292>
- Diamond, J. (1975). The Island Dilemma: Lessons of Modern Biogeographic Studies for the Design of Natural Reserves. *Biological Conservation*, 7(2), 129–146. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(75\)90052-X](https://doi.org/10.1016/0006-3207(75)90052-X)
- Dillon, M. (1993). Análisis florístico del Bosque Monteseco (Cajamarca, Perú) e implicancias para su comparación. *Arnaldoa*. 2(2): 29-42.
- Dormann, C., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., ... Lautenbach, S. (2013). Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 27–46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- Ellith, J., Graham, H., Anderson, R., Dudík, M., Simon, F., Guisan, A., & Hijmans, R. (1991). Novel methods improve prediction of species’ distributions from occurrence data. *Acta Medica Austriaca*, 18 Suppl 1(January), 27–29. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>
- Ellstrand, N., & Elam, D. (1993). Population genetic consequences of small population size: Implications for plant conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24, 217–242. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.24.110193.001245>
- ESRI (2011). ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Faaborg, J., Brittingham, M., Donovan, T., & John, B. (1993). Habitat Fragmentation the Temperate Zone: Perspective for Managers. In *Status and management of neotropical migratory birds*. Retrieved from https://www.fs.fed.us/rm/pubs_rm/rm_gtr229/rm_gtr229_331_338.pdf
- Faivre, A., & Mcdade, L. (2001). Population-level variation in the expression of heterostyly in three species of rubiaceae: Does reciprocal placement of anthers and stigmas characterize heterostyly? *American Journal of Botany*, 88(5), 841–853. <https://doi.org/10.2307/2657036>
- FAO. (1971). Mapa de Suelos del Perú. Ministerio de Agricultura y Riego. Mapa mundial de suelos. 1: 5 000 000. Volumen IV América del Sur.
- Farfán, M. (2007). *Fanerógamas del bosque de Cuya, Ayabaca*. (Tesis para optar el grado de Título profesional en la Universidad Nacional de Piura).
- Feria, T., Olson, M., García, A., & Solano, E. (2009). A GIS-based comparison of the Mexican national and IUCN methods for determining extinction risk. *Conservation Biology*, 23(5), 1156–1166. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01241.x>
- Galán de Mera, A., Sánchez, I., Montoya, J., Linares, E., Campos, J., & Vicente, J. (2015). La vegetación del Norte del Perú: de los bosques a la jalca en Cajamarca. *Acta Botanica*

- Malacitana*, 40, 157–190. <https://doi.org/10.24310/actabotanicaabm.v40i0.2505>
- Gentry A. (1995). Diversity and floristic composition of Neotropical dry forests. In: *Bullock S.; Money, H. & Medina E. (Eds.) Seasonally Dry Tropical Forests*, 146-194p. Cambridge, Cambridge University Press.
- GeoCatmin. (n.d.). Geocatmin. Retrieved from Ministerio de Energía y Minas website: <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Ginsburg, J. (2001). The Application of IUCN Red List Criteria at Regional Levels. *Conservation Biology*, 15(5), 1206–1212. Retrieved from <http://www.redeprofaua.pr.gov.br/arquivos/File/artigos/regionalapplication.pdf>
- Global Green Growth Institute. (2015). *Interpretación de la dinámica de la deforestación en el Perú y lecciones aprendidas para reducirla*. Retrieved from <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/Interpretacion-de-la-dinamica-de-la-deforestacion-en-el-Peru-y-lecciones-aprendidas-para-reducirla.pdf>
- Gobierno Regional De Piura (GORE). 2012. Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación de la Diversidad Biológica de la Región de Piura. Piura, Perú: Grupo Tecnico De Diversidad Biológica - Comisión Ambiental Regional.
- Graham, C., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C., & Peterson, A. (2004). New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology and Evolution*, 19(9), 497–503. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.07.006>
- Hernández, P., Graham, C., Master, L., & Albert, D. (2006). The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29, 773–785. <https://doi.org/10.1021/jp048527b>
- Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Hill, A. (1952). Economic Botany: A Textbook of Useful Plants and Plant Products. In Tata McGraw-Hill (Ed.), *Science* (Vol. 89). <https://doi.org/10.1126/science.89.2309.294>
- Hollander, M., Wolfe, D. & Chicken, E. (2013). Nonparametric Statistical Methods. *John Wiley & Sons Inc*, 3. Nueva York. Wiley Series in Probability and Statistics. 844 p.
- Huamán, L. Albá, J & Chilquillo, E. (2019). Aspectos taxonómicos y avances en el conocimiento del estado actual del árbol de la Quina (*Cinchona officinalis* L.) en el norte de Perú. *Ecología Aplicada*, 18(2). <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i2.1333>
- Ibisch, P. (1998). Estado de conservación de las especies bolivianas del género *Puya* (Bromeliaceae) aplicando un nuevo método de evaluación (Valor Nacional de Conservación). *Revista de La Sociedad Boliviana de Botánica*, 2(1), 89–99. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-11-12>
- Ibisch, P., Nowicki, C., Müller, R., & Araujo, N. (2001). Methods for the assessment of habitat and species conservation status in data-poor countries - case study of the Pleurothallidinae (Orchidaceae) of the Andean rain forests of Bolivia. *Conservation of Biodiversity in the Andes and the Amazon*, 225–246. Retrieved from <http://www.nrel.colostate.edu/IBOY/pdf/Ibisch.pdf%5CnM:%5CLiterature%5Cibisch.pdf>
- Işik, K. (2011). Rare and endemic: why are they prone to extinction? *Turkish Journal of Botany*, 35(4), 411–417. <https://doi.org/10.3906/bot-1012-90>
- IUCN. (2010). *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Versión 8.1*.

- Retrieved from <http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>
- IUCN. (2012a). *Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN Version 3.1* (Segunda Ed). Retrieved from <https://portals.iucn.org/library/node/10316>
- IUCN. (2012b). *Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional and National Levels: Version 4.0*. IUCN, Gland, Switzerland.
- IUCN. (2017). *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 13*. Standards and Petitions Subcommittee. Retrieved from <https://www.iucnredlist.org/resources/redlistguidelines>
- IUCN. (2020). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-3*. Retrieved from <https://www.iucnredlist.org>
- Juárez, A., Ayasta, J., Aguirre, R., & Rodríguez, E. (2005). La Oscurana (Cajamarca), un bosque relicto más para conservar en las vertientes occidentales andinas del norte del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 289–298.
- Kacprzak, K. (2013). Chemistry and Biology of Cinchona Alkaloids. In *Natural Products: Phytochemistry, Botany and Metabolism of Alkaloids, Phenolics and Terpenes* (pp. 605–641). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6>
- Lambert, A.; Humboldt, V.; Laubert, C.; Ruiz, H. (1821). *An Illustration of the Genus Cinchona: Comprising descriptions of all the Officinal Peruvian barks including several new species*. John Searle, London.
- Leimu, R., Mutikainen, P., Koricheva, J., & Fischer, M. (2006). How general are positive relationships between plant population size, fitness and genetic variation? *Journal of Ecology*, Vol. 94, pp. 942–952. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01150.x>
- León, B., Roque, J., Ulloa, C., Pitman, N., Jordensen, P., & Cano, A. (2006). El Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13(2), 972. Retrieved from <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BvRevistas/biologia/v13n2/Contenido.htm>
- Li, P., & Johnston, M. (2001). Comparative floral morphometrics of distyly and homostyly in three evolutionary lineages of *Amsinckia* (Boraginaceae). *Canadian Journal of Botany*, 79(11), 1332–1348. <https://doi.org/10.1139/b01-107>
- Linder, H. (1995). Setting Conservation Priorities: The Importance of Endemism and Phylogeny in the Southern African Orchid Genus *Herschelia*. *Conservation Biology*, 9(3), 585–595. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1995.09030585.x>
- Llatas-Quiroz, S., & López-Mesones, M. (2005). Bosques montanos-relictos en Kañaris (Lambayeque, Perú) Relict montane forests from Kañaris (Lambayeque, Peru). *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 299–308. Retrieved from <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm>
- Machado, A., Silva, A., Consolaro, H., Barros, M. & Oliveira, P. (2010). Breeding biology and distyly in *Palicourea rigida* H. B. & K. (Rubiaceae) in the Cerrados of Central Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 24(3), 686–696. <https://doi.org/10.1590/s0102-33062010000300012>
- Manns, U., & Bremer, B. (2010). Towards a better understanding of intertribal relationships and stable tribal delimitations within Cinchonoideae s.s. (Rubiaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 56(1), 21–39. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.04.002>
- Margules, C., & Usher, M. (1981). Criteria Used in Assessing Wildlife Conservation Potential: A Review. *Wildlife Conservation*, 50.
- Markham, C. (1878). *A Memoir on the Indian Surveys*. Retrieved from

<https://doi.org/10.1017/CBO9781316048085>

- Martínez-Castro, J., Isaza, C., & Betancur, J. (2019). Distribución espacial y estructura de la población de *Pitcairnia huilensis* (Bromeliaceae) en el valle alto del río Magdalena (Huila, Colombia). *Caldasia*, 41(1), 165–178. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.71328>
- Miller, K. (1982). Parks and Protected Areas: Considerations for the Future. *Ambio*, 11(5), 315–317. <https://doi.org/10.2307/4312826>
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Da Fonseca, G., & Kent, J. (2010). Conservation: Biodiversity as a bonus prize. *Nature*, 468(7326), 895. <https://doi.org/10.1038/468895a>
- ONERN. (1995). *Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa* (p. 271). p. 271. Ministerio de Agricultura.
- Patterson, B. (1987). The Principle of Nested Subsets and Its Implications for Biological Conservation. *Conservation Biology*, 1(4), 323–334. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1987.tb00052.x>
- Pearson, R. Raxworthy, C., Nakamura, M., & Townsend, A. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34(1), 102–117. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x>
- Phillips, O., Vargas, P., Lorenzo, A., Cruz, A., Chuspe, M., Sánchez, W., ... Rose, S. (2003a). Habitat association among Amazonian tree species: a landscape-scale approach. *Journal of Ecology*, 91, 757–775. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00815.x>
- Phillips, O., Martínez, R., Vargas, P., Monteagudo, A., Zans, M., Sánchez, W., ... Rose, S. (2003b). Efficient plot-based floristic assessment of tropical forests. *Journal of Tropical Ecology*, 19(6), 629–645. <https://doi.org/10.1017/S0266467403006035>
- Phillips, S., Anderson, R., & Schapire, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, S., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extension and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31, 161–175. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05203.x>
- Popenoe, W. (1949). Cinchona cultivation in Guatemala— a brief historical review up to 1943. *Economic Botany*, 3(2), 150–157. <https://doi.org/10.1007/BF0285951>
- Prendergast, H., & Dolley, D. (2001). Jesuits' Bark (Cinchona [Rubiaceae]) and other medicines. *Economic Botany*, 55(1), 3–6. https://doi.org/10.1300/j237v10n01_06
- Ocaña, J., & Lombardi, I. (2016). Análisis de la vegetación en un ecosistema de montaña en el Alto Piura (Mijal, Chalaco, Morropón). *Revista Forestal Del Perú*. 31(1): 1-30. <https://doi.org/10.21704/rfp.v31i1.1024>
- Quintana, C., Pennington, R., Ulloa, C., & Balslev, H. (2017). Biogeographic Barriers in the Andes: Is the Amotape—Huancabamba Zone a Dispersal Barrier for Dry Forest Plants? *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 102(3), 542–550. <https://doi.org/10.3417/d-17-00003a>
- Rasal, M., Troncos, J., Lizano, C., Parihuamán, O., Quevedo, D., Rojas, C., & Delgado, G. E. (2012). La vegetación terrestre del bosque montano de Lanchurán (Piura, Perú). *Caldasia*, 34(1), 1–24. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v34n1/v34n1a1.pdf>
- Reca, A., Ubeda, C., & Griguera, D. (1994). Conservación de la fauna de tetrapodos. I. un índice

- para su conservacion. *Maztozoologia Neotropical*, 1(1), 17–28.
- Reynel, C. (1986). *Taxonomía, Distribución y Status de las Moraceae Peruanas*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Richards, J., & Koptur, S. (1993). Floral Variation and Distyly in *Guettarda scabra* (Rubiaceae). *American Journal of Botany*, 80(1), 31. <https://doi.org/10.2307/2445117>
- Rohlf, F. (1990). Morphometrics. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. Syst, 21, 299–316. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.21.110190.001503>
- Romero-Saritama, J. (2015). Rasgos morfológicos de frutos , semillas y embriones de *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae) en el sur del Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 36, 27–35.
- Ruiz, H. & Pavón J. (1799). *Flora peruviana et chilensis* 2. Gabrielis de Sancha, Madrid, 76 pp. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.814>
- Sánchez, I., & Grados, N. (2007). Estudio florístico y ambiental del bosque relicto Mijal en la provincia de Morropón , Piura Floristic and enviromental study of relict forest Mijal in the. *Arnaldoa*, 14(2), 259–268.
- Saunders, D., Hobbs, R., & Margules, C. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, 5(1), 18–32. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(92\)90725-3](https://doi.org/10.1016/0006-3207(92)90725-3)
- Schindelin, J., Arganda-Carreras, I., Frise, E., Kaynig, V., Longair, M., Pietzsch, T., Preibisch, S., Rueden, C., Saalfeld, S., Schmid, B. & others (2012). Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nature methods*, 9, 676-682.
- SERNANP. (n.d.). Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Retrieved from <http://geo.sernanp.gob.pe/visorsernanp/>
- SENAMHI (2017-2019). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. <https://senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- SICAR. (n.d.). Geocatmin. Retrieved from Ministerio de Agricultura y Riego. website: <http://georural.minagri.gob.pe/sicar/>
- Shaffer, M. (1981). Minimum Population Sizes for Species Conservation. *BioScience*, 31(2), 131–134. <https://doi.org/10.2307/1308256>
- Sobrevila, C., Ramirez, N., & De Enrech, N. (1983). Reproductive Biology of *Palicourea fendleri* and *P. petiolaris* (Rubiaceae), Heterostylous Shrubs of a Tropical Cloud Forest in Venezuela. *Biotropica*, 15(3), 161. <https://doi.org/10.2307/2387824>
- Standley, P. (1930a). The Rubiaceae of Colombia. *Field Museum of Natural History*, 2(1), 175 p. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10111/UIUCOCA:Serial/rubiaceaeofcolomfistan>
- Standley, P. (1931a). The Rubiaceae of Ecuador. In *Field Museum of Natural History*, 2(2), 114p. Retrieved from <https://doi.org/10.5962/bhl.title.2347>
- Standley, P. (1931b). The Rubiaceae of Bolivia. In *Field Museum of Natural History*, 7(3), 94p. Retrieved from <https://www.biodiversitylibrary.org/item/19771>
- Standley, P. (1931c). The Rubiaceae of Venezuela. In *Field Museum of Natural History*, 7(4), 154p. Retrieved from <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/2347>
- Steele, A. (1964). *Flowers for the King: The Expedition of Ruiz and Pavon and the Flora of Peru*. *Duke historical publications* (Ilustrada; D. U. Press, ed.).

- Syfert, M., Smith, M., & Coomes, D. (2013). The Effects of Sampling Bias and Model Complexity on the Predictive Performance of MaxEnt Species Distribution Models. *Plos One*, 8(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055158>
- Vásquez, R. & Ibisch P. (2000). Orquídeas de Bolivia. Diversidad y estado de conservación. Diversity and conservation status. Vol. 1 Pleurothallidinae. *Editorial F.A.N.*, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Weigend, M. (2004). Additional observations on the biogeography of the Amotape-Huancabamba zone in Northern Peru: Defining the South-Eastern limits. *Revista Peruana de Biología*, 11(2), 127–134. <https://doi.org/10.15381/rpb.v11i2.2447>
- Weigend, M., Rodríguez, E., & Arana, C. (2005). Los bosque relictos del noroeste de Perú y del suroeste de Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 185–194. <https://doi.org/10.15381/rpb.v12i2.2390>
- Weigend, M., Cano, A., Rodríguez, E., & Breitkopf, H. (2010). Four New Species of Ribes (Grossulariaceae), Primarily from the Amotape–Huancabamba Zone in Northern Peru. *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature*, 20(2), 228–238. <https://doi.org/10.3417/2008090>
- WorldClim. (s.d). WorldClim Versión 2.0. Retrieved from <http://www.worldclim.org/>
- Young, K. & León, B. (1999). Peru's humid eastern montane forest: An overview of their physical settings. *Biological diversity, human use and settlement, and conservation needs*. DIVA Technical Report. 5, 1-97.
- Zamora, C. 1996. Mapa de las Ecorregiones. En Rodríguez, L. (Ed.) *Diversidad Biológica del Perú*. INRENA-GTZ.
- Zevallos Pollito, P. (1989). *Taxonomia, Distribucion geografica y status del género Cinchona en el Perú*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/266558941_Taxonomia_distribucion_geografica_y_status_del_genero_Cinchona_en_el_Peru

12. ANEXOS

Anexo 1. Localidades registradas para la evaluación de poblaciones de las seis especies de *Cinchona* en los Andes del norte y centro de Perú

Código	Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Coordenadas geográficas WGS 1984	
					Latitud	Longitud
1	Piura	Ayabaca	Ayabaca	Cerro Yantuma	-4.6156	-79.7093
2	Piura	Ayabaca	Ayabaca	Cerro de Aypate	-4.7057	-79.5747
3	Piura	Ayabaca	Ayabaca	Anexo Espíndola de la Comunidad Campesina de Samanga	-4.6532	-79.4720
4	Piura	Ayabaca	Ayabaca	Anexo El Toldo de la Comunidad Campesina de Samanga	-4.6775	-79.5206
5	Piura	Ayabaca	Ayabaca	Quebrada Llanchurán	-4.6237	-79.7122
6	Piura	Ayabaca	Ayabaca	Bosque de Cuyas Cuchayo	-4.6202	-79.7239
7	Piura	Ayabaca	Ayabaca	Centro Poblado de Luplun	-4.6204	-79.7552
8	Piura	Ayabaca	Ayabaca	Centro Poblado de Molinos de Sanguli	-4.6452	-79.7385
10	Piura	Huancabamba	Sóndor	Carretera Cruz Chiquita	-5.3303	-79.3760
11	Piura	Huancabamba	Sóndor	Sector Shilcaya	-5.3300	-79.3752
12	Piura	Huancabamba	Huancabamba	Centro Poblado de Cataluco	-5.2211	-79.4053
15	Piura	Morropón	Chalaco	Bosque de Mijal	-5.0601	-79.7346
16	Cajamarca	San Ignacio	San José de Lourdes	Cerro Parco	-5.0772	-78.8917
17	Cajamarca	San Ignacio	San José de Lourdes	Localidad Estrella del Oriente ""Cerro del Oso"	-5.0994	-78.8917
18	Cajamarca	San Ignacio	San José de Lourdes	Localidad Camaná	-5.0000	-78.9167
19	Cajamarca	Jaén	Sallique	Poblado La Unión	-5.7027	-79.3189
20	Cajamarca	San Ignacio	Huarango	Bosque de Huarango	-5.2724	-78.7760
21	Amazonas	Bongará	Yambrasbamba	Abra patricia, camino a La Antena	-5.7233	-77.7816
22	Amazonas	Chachapoyas	Leymebamba	Las Palmeras	-6.7093	-77.8056
23	Junín	Chanchamayo	San Ramón	Fundo La Génova	-11.1020	-75.3500
24	Junín	Chanchamayo	San Ramón	Bosque Pichita Puyu sachá	-11.0902	-75.4175
25	Junín	Chanchamayo	San Ramón	Malalma	-11.2372	-75.5175
26	Junín	Chanchamayo	San Ramón	Florencia	-11.0852	-75.3558

Anexo 2. Transectos evaluados para las poblaciones de seis especies de *Cinchona* en los Andes del norte y Centro de Perú

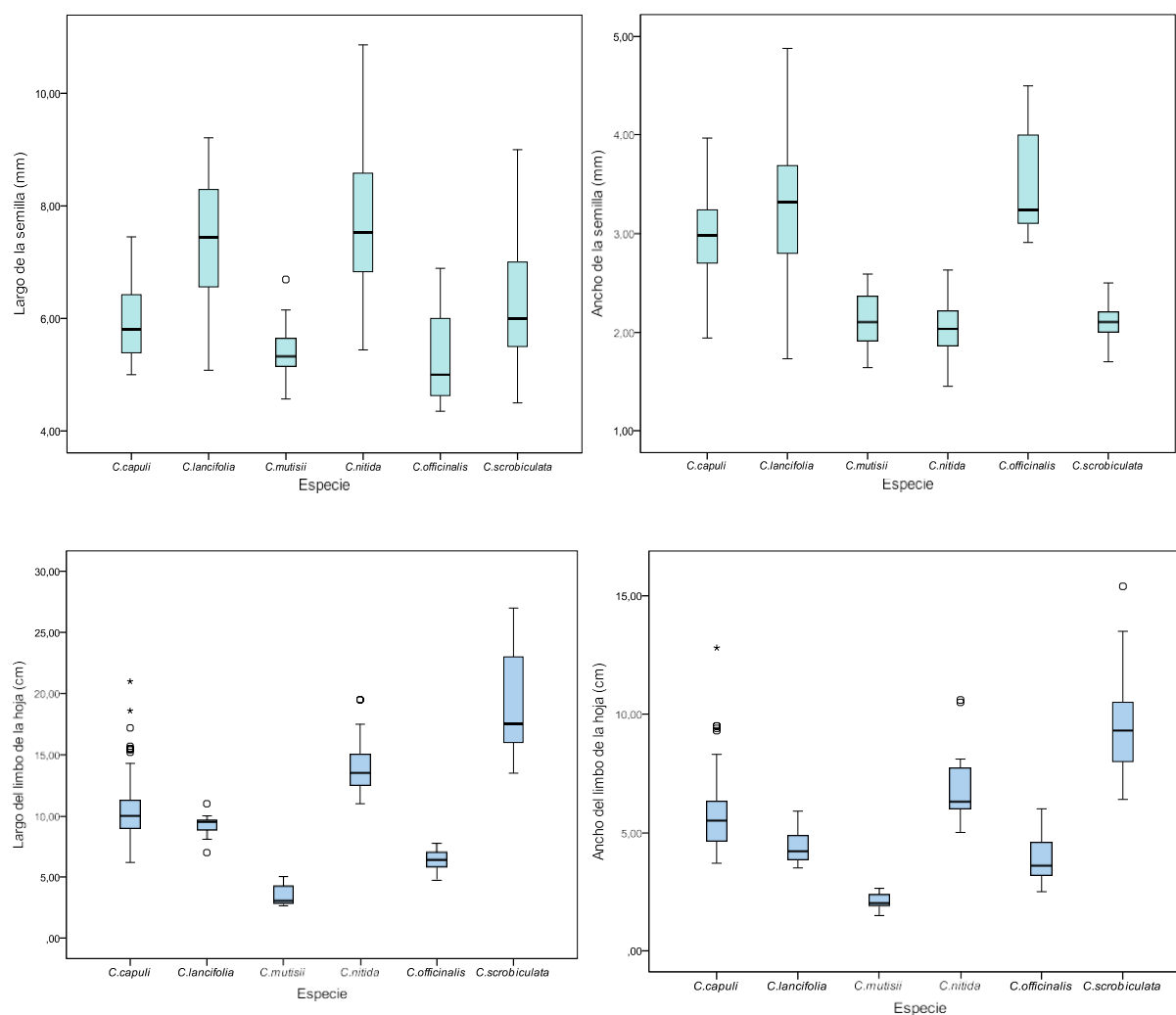
Especie	Subpoblación	Transecto	Localidad	Elevación (msnm)	Posición Topográfica	Uso de suelo/ actividades	Sustrato	Propiedad de suelo	Pendiente
<i>Cinchona capuli</i>	Sp-1	T-01	Cerro Yantuma	2840	Cresta	Reserva Natural Privada	Suelo húmedo con abundante hojarasca, materia orgánica	Público	45°
	Sp-2	T-02	Luplun	2630	Cresta	Area conservada por su poca accesibilidad	Suelo húmedo con abundante hojarasca, materia orgánica	Público	50°
	Sp-3	T-03	Luplun	2620	Cresta	Borde de camino y propiedad independiente	Suelo no muy húmedo con poca hojarasca, musgos.	Privado	40°
	Sp-4	T-04	Molinos de Sangulí	2545	Mitad de cresta	Area poco intervenida por pastizales	Suelo no muy húmedo con poca hojarasca, musgos y briofitos, abundancia de helechos.	Público	40°
	Sp-5	T-05	Molinos de Sangulí	2442	Mitad de cresta	Area poco intervenida por pastizales	Suelo no muy húmedo con poca hojarasca, musgos y briofitos, abundancia de helechos.	Público	40°
	Sp-6	T-06	Bosque de Cuyas Cuchallo	2502	Mitad de cresta	Area conservada Privada	Suelo húmedo con abundante hojarasca, materia orgánica	Privado	45°
	Sp-7	T-07	Anexo Espíndola de la C.C. Samanga	2500	Mitad de cresta	Area Comunal de Samanga	Suelo húmedo con abundante hojarasca, materia orgánica	Privado	35°
	Sp-8	T-08	Anexo El Toldo de la C. C. de Samanga	2320	Mitad de cresta	Area Comunal de Samanga	Suelo húmedo con abundante hojarasca, materia orgánica	Privado	30°
	Sp-9	T-09	Cerro Aypate		Cresta	Reserva Natural Privada	Suelo húmedo con abundante hojarasca, materia orgánica	Público	40°
	Sp-10	T-10	Cerro Aypate		Cresta	Reserva Natural Privada	Suelo húmedo con abundante hojarasca, materia orgánica	Público	40°
<i>Cinchona lancifolia</i>	Sp-1	T-11	Centro Poblado de Cataluco	2489	Llano	Borde de camino y cerca de plantaciones de Eucalipto	Suelo no muy húmedo con poca hojarasca, musgos y briofitos, abundancia de helechos.	Privado	10°
	Sp-2	T-12	Centro Poblado de Cataluco	2760	Llano	Borde de camino y cerca de pastizales	Suelo no muy húmedo con poca hojarasca, musgos y briofitos, abundancia de helechos.	Público	10°
	Sp-3	T-13	Centro Poblado de	2707	Llano	Borde de camino y cerca de pastizales	Suelo no muy húmedo con poca hojarasca, musgos y briofitos, abundancia de helechos.	Público	10°

Cataluco

	Sp-4	T-14	Centro Poblado de Cataluco	2663	Llano	Borde de camino y cerca de pastizales	Suelo no muy húmedo con poca hojarasca, musgos y briofitos, abundancia de helechos.	Público	10°
	Sp-5	T-15	Centro Poblado de Cataluco	2660	Llano	Borde de camino y cerca de pastizales	Suelo no muy húmedo con poca hojarasca, musgos y briofitos, abundancia de helechos.	Público	10°
	Sp-6	T-16	Bosque de Mijal	2808	Cresta	Area poco intervenida	Suelo húmedo con abundante hojarasca, materia orgánica	Público	45°
	Sp-7	T-17	Bosque de Mijal	2810	Cresta	Area poco intervenida	Suelo húmedo con abundante hojarasca, materia orgánica	Público	45°
	Sp-8	T-18	Bosque de Mijal	2815	Cresta	Area poco intervenida	Suelo húmedo con abundante hojarasca, materia orgánica	Público	45°
<i>Cinchona mutisii</i>	Sp-1	T-19	Abra patricia, camino a La Antena	2290	Cresta empinada	Area conservada por su poca accesibilidad	Suelo rocoso, poca materia orgánica, exposición radiación directa.	Público	60°
	Sp-2	T-20	Abra patricia, camino a La Antena	2224	Cresta empinada	Area conservada por su poca accesibilidad	Suelo rocoso, poca materia orgánica, exposición radiación directa.	Público	60°
	Sp-3	T-21	Abra patricia, camino a La Antena	2074	Cresta empinada	Area conservada por su poca accesibilidad	Suelo rocoso, poca materia orgánica, exposición radiación directa.	Público	60°
<i>Cinchona nitida</i>	Sp-1	T-22	Ladera al lado de Puente Malalma	2010	Cresta	Area poco intervenida por su poca accesibilidad	Suelo con poca materia orgánica, piedras.	Público	45°
	Sp-2	T-23	Ladera al lado de Puente Malalma	2020	Cresta	Area poco intervenida por su poca accesibilidad	Suelo con poca materia orgánica, piedras.	Público	45°
	Sp-3	T-24	Ladera al lado de Puente Malalma	2027	Cresta	Area poco intervenida por su poca accesibilidad	Suelo con poca materia orgánica, piedras.	Público	45°
	Sp-4	T-25	Ladera al lado de Puente Malalma	2080	Cresta	Area poco intervenida por su poca accesibilidad	Suelo con poca materia orgánica, piedras.	Público	45°
	Sp-5	T-26	Ladera al lado de Puente Malalma	2100	Cresta	Area poco intervenida por su poca accesibilidad	Suelo con poca materia orgánica, piedras.	Público	45°
	Sp-6	T-27	Ladera al lado de Puente Malalma	2170	Cresta	Area poco intervenida por su poca accesibilidad	Suelo con poca materia orgánica, piedras.	Público	45°
	Sp-7	T-28	Ladera al lado de Puente Malalma	2185	Cresta	Area poco intervenida por su poca accesibilidad	Suelo con poca materia orgánica, piedras.	Público	45°
	Sp-8	T-29	Ladera al lado de Puente Malalma	2200	Cresta	Area poco intervenida por su poca accesibilidad	Suelo con poca materia orgánica, piedras.	Público	45°
	Sp-1	T-30	Los Llanos de Parco, San	1793	Llano	Area intervenida por quema	Suelo negro muy húmedo, abundante musgos y hojarasca.	Público	10°

<i>Cinchona scrobiculata</i>	Sp-2	T-31	José de Lourdes Los Llanos de Parco, San José de Lourdes	1796	Llano	Area intervenida por quema	Suelo negro muy húmedo, abundante musgos y hojarasca.	Público	10°
	Sp-3	T-32	Los Llanos de Parco, San José de Lourdes	1792	Llano	Area intervenida por quema	Suelo negro muy húmedo, abundante musgos y hojarasca.	Público	10°
	Sp-4	T-33	Los Llanos de Parco, San José de Lourdes	1808	Llano	Area intervenida por quema	Suelo negro muy húmedo, abundante musgos y hojarasca.	Público	10°
	Sp-5	T-34	Los Llanos de Parco, San José de Lourdes	1824	Llano	Area intervenida por quema	Suelo negro muy húmedo, abundante musgos y hojarasca.	Público	10°

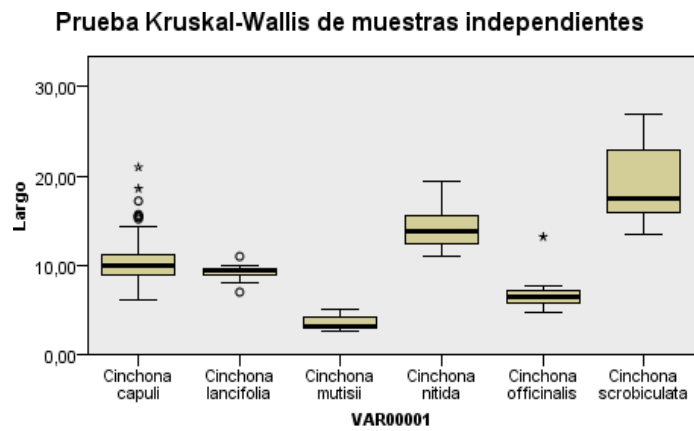
Anexo 3. Comparación del tamaño de las hojas y semillas de las seis especies de *Cinchona* en los Andes del norte y centro del Perú



107

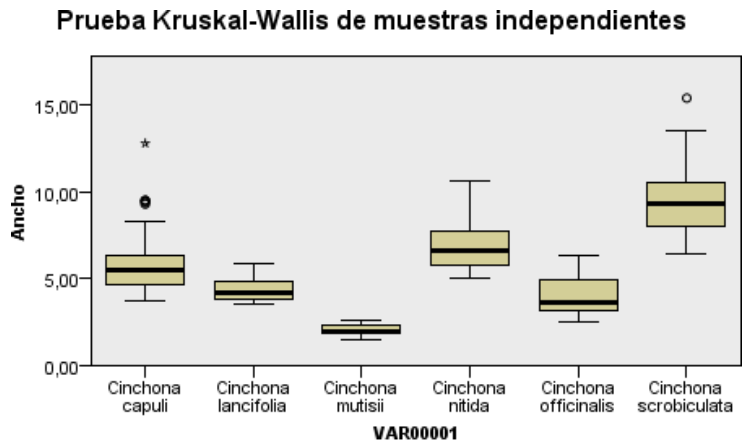
Figura 3.1. Diagrama de cajas para el tamaño de la hoja y semilla de las seis especies de *Cinchona*. Los rectángulos indican la distribución de datos desde el primer cuartil hasta tercer cuartil. Las líneas horizontales representan la media y las líneas fuera de las cajas representan apenas el 25% o menos de la distribución de datos.

Figura 3.2 Prueba de Krustal-Wallis del largo las hojas de las seis especies



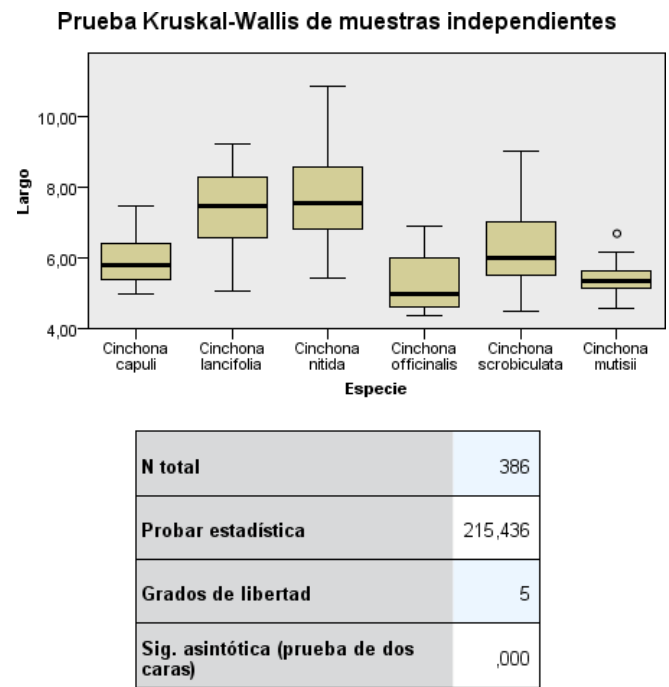
N total	206
Probar estadística	130,685
Grados de libertad	5
Sig. asintótica (prueba de dos caras)	,000

Figura 3.3 Prueba de Krustal-Wallis del ancho de las hojas de las seis especies



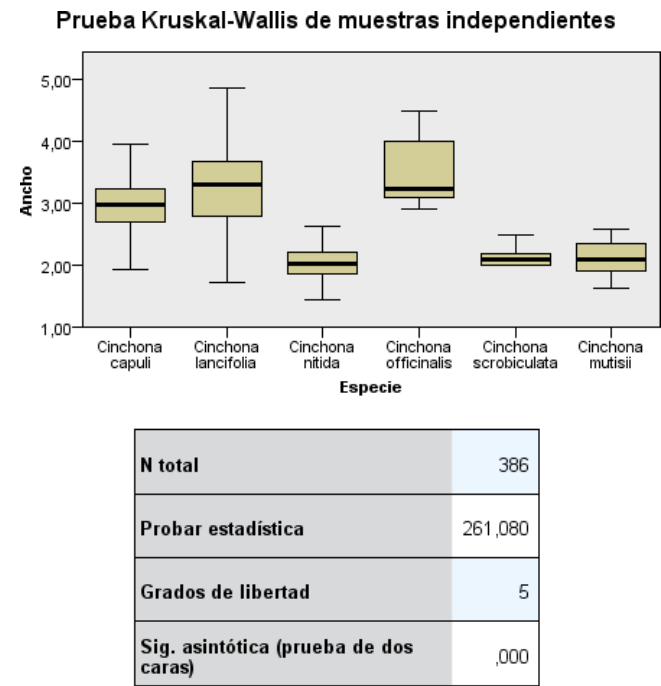
N total	206
Probar estadística	111,266
Grados de libertad	5
Sig. asintótica (prueba de dos caras)	,000

Figura 3.4. Prueba de Krustal-Wallis del largo de las semillas de las seis especies de *Cinchona*



1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

Figura 3.5. Prueba de Krustal-Wallis del ancho de las semillas de las seis especies de *Cinchona*



1. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.